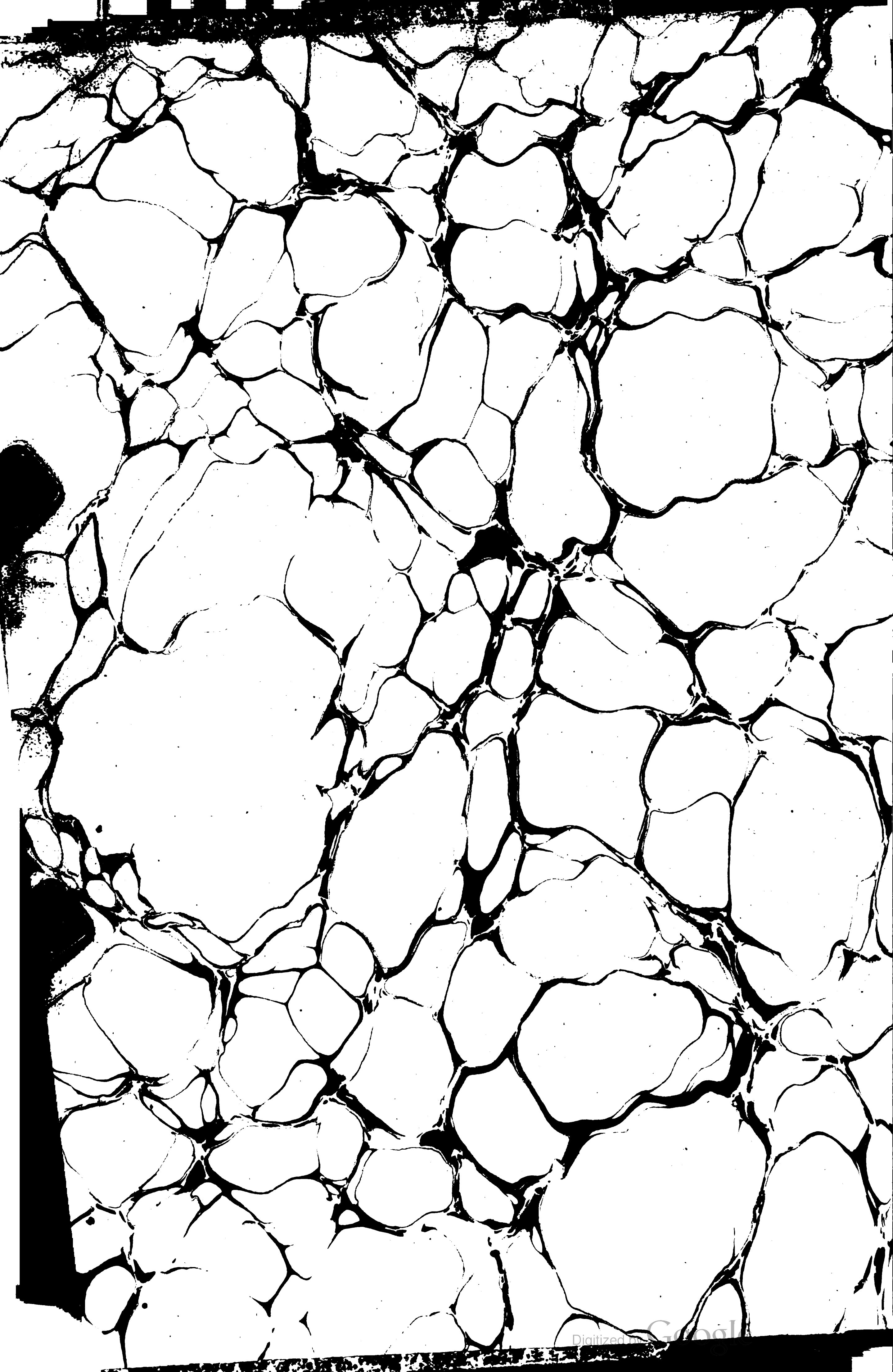
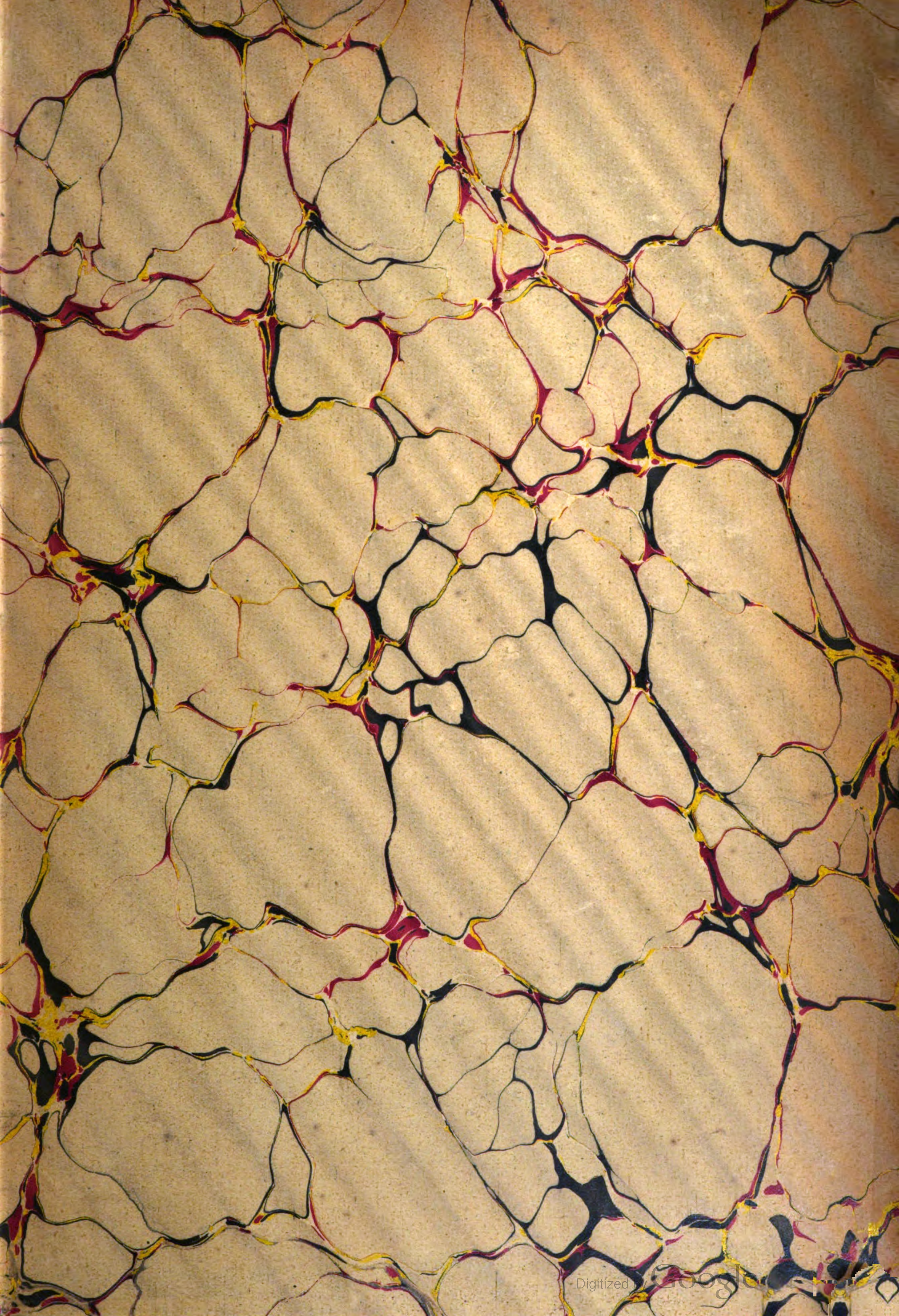










Revue générale

des Sciences

pures et appliquées

TOME QUATORZIÈME

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

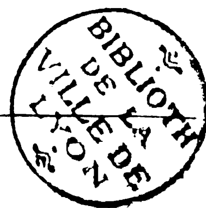
PARAISSANT LE 15 ET LE 30 DE CHAQUE MOIS

DIRECTEUR : **Louis OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

TOME QUATORZIÈME

1903

AVEC NOMBREUSES FIGURES ORIGINALES DANS LE TEXTE



Librairie Armand Colin

5, rue de Mézières, Paris

14e ANNÉE N° 1 15 JANVIER 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Nos lecteurs ont peut-être remarqué que la belle étude de M. Haller sur les Arts chimiques et la Pharmacie à l'Exposition de 1900, dont ce savant avait bien voulu donner la primeur exclusive à la *Revue générale des Sciences*, a été l'objet d'un plagiat effronté de la part du directeur d'un autre recueil. Si ce Monsieur proteste contre les présentes lignes, nous l'exécuterons ici même en cinq secs.

Louis Olivier.

§ 1. — Astronomie

Jupiter et la formation des radiants composés. — Dans chaque radiant stationnaire en apparence, — c'est-à-dire ayant des coordonnées apparentes égales entre elles, à quelques degrés près, — M. Denning voyait en général un courant météorique individuel, formant une seule famille de météores, et appartenant, par conséquent, à une seule comète, conformément à la théorie de l'origine cométaire des météores. L'idée de cette parenté (devenue classique) paraissait tellement naturelle qu'elle faisait oublier parfois la différence énorme entre la direction vraie d'un courant dans l'espace et sa direction apparente, représentée par les coordonnées de ce radiant, telles qu'elles sont fournies par les catalogues, et non affranchies de l'influence de la Terre.

Cependant, M. Th. Brédikhine a voulu reprendre la question de plus près, et voir le rôle de Jupiter dans la formation des radiants composés : car. pour ceux qui veulent principalement attribuer l'origine des météores à la désagrégation subie par des comètes lors de leur passage à travers la sphère d'activité de quelque grosse planète, les météores d'un courant composé présentent naturellement une famille de comètes minuscules produite par l'action dissolvante de Jupiter, par exemple. Or, si deux orbites météoriques quelconques d'une même famille rencontrent la Terre après avoir passé près de Jupiter, il est clair que les plans de ces orbites, ou les grands cercles correspondants, doivent se couper près du grand cercle de l'orbite de Jupiter, ou à peu près sur l'écliptique : telle est la première condition.

L'examen attentif des radiants composés conduit donc M. Th. Brédikhine à la conclusion que, dans presque tous les cas, et les quelques exceptions sont indécises, l'origine des météores se trouve dans des émissions nucléaires des comètes. Les corpuscules des émissions ayant lieu après le passage de la comète génératrice à son périhélie, dirigés vers le Soleil, seront tenus de décrire des orbites elliptiques. Les faisceaux d'orbites dérivées, avec ce mode de formation, s'approcheront plus aisément des grosses planètes pour en subir des perturbations plus ou moins fortes, ce que ne pourrait aussi bien faire la comète génératrice parabolique : ces perturbations seront, d'ailleurs, très différentes pour les diverses parties d'un même faisceau, ce qui crée la possibilité de l'existence simultanée d'une série d'orbites très variées dans leurs éléments. Or, précisément, on rencontre souvent, dans les radiants, de telles séries d'orbites ayant entre elles un lien générique.

Il ne faut pas non plus oublier que de telles émissions se produisent toujours sur un arc considérable de l'orbite cométaire et qu'il y aura, par conséquent, tout un système de faisceaux d'orbites météoriques : ainsi l'on voit que le phénomène est, en réalité, assez compliqué. Il est clair, d'ailleurs, que les émissions ne dépendent nullement de la direction du mouvement de la comète génératrice et, en effet, parmi toutes les comètes des catalogues, le nombre des comètes à mouvement direct est presque le même que celui des comètes rétrogrades.

Les masses détachées de la comète génératrice pourront être quelquefois assez grandes pour former de véritables comètes nouvelles, notamment des comètes elliptiques. On connaît quelques exemples d'un pareil morcellement des comètes qui ont passé à travers la sphère d'activité de Jupiter, et il existe aussi des exemples de morcellement sous l'influence des forces intérieures, développées dans le corps de la comète par l'énergie du Soleil, à grande distance de Jupiter. L'observation permettra bientôt de noter un grand nombre de faits analogues et, étant donné que la probabilité de la rencontre d'une comète parabolique avec Jupiter est extrêmement faible, on peut supposer que le morcellement dû aux forces intérieures conséquence d'émissions, puisse être un agent plus général qui pré-

pare et facilite la capture et la formation des comètes à courte période.

Mais le sens du mouvement n'est pas un trait caractéristique pour les météores, tandis que les comètes périodiques supposées captées par Jupiter se meuvent toutes dans le sens direct. Parmi ces comètes dérivées, Jupiter commence à opérer la capture en transformant leurs trajectoires en orbites à courtes périodes avec le mouvement direct : c'est un procédé électif dont les détails ont été fort bien indiqués déjà dans un excellent mémoire de M. Callandreau.

Les recherches de M. Th. Brédikhine sont fort délicates et nous devons encore les rapprocher des idées de M. Kreutz : des systèmes cométaires pourraient résulter de la segmentation de comètes primitives s'éparpillant de plus en plus le long de leurs orbites, et finissant probablement même par se désagréger complètement (v. *Revue*, 14 sept. 1901). Tous ces travaux difficiles ont une portée très élevée en ce qui concerne l'origine de notre système solaire, et son avenir.

§ 2. — Météorologie

Perturbations périodiques de la température en Juin et en Décembre. — A différentes reprises, M. Lancaster a appelé l'attention sur les perturbations périodiques de la température, en étudiant un refroidissement qui a lieu en juin et paraît se produire, à Bruxelles, avec quelque régularité depuis 20 à 30 ans seulement. A Lyon, la périodicité de ce refroidissement semble remonter à une époque plus ancienne : il est, en effet, bien marqué dans la courbe moyenne des températures de chaque jour, déduite des observations effectuées pendant les années 1854 à 1890, et l'étude que vient d'en faire M. Luizet complète heureusement les intéressantes études de M. L. André sur le climat lyonnais. Ainsi, pour le mois de juin, il existe un important minimum de température vers le 20. Pour le mois de décembre, toujours en climat lyonnais, M. Luizet trouve un maximum vers le 6, un minimum vers le 10, un maximum vers le 14 et un minimum vers le 22; — à 185 jours, ou 6 mois, du minimum de juin se trouvent donc les maxima de décembre.

Est-ce une correspondance, comme celle que l'on a rêvée, entre les *Saints de glace* et l'*Été de la Saint-Martin*? Il faudrait de plus amples documents pour le décider; — mais c'est un point curieux et un fait utile pour une étude plus complète.

Ceci nous amène, d'ailleurs, à faire une remarque relative aux froids récents et rigoureux du mois de novembre, car il se présente, ici encore, une curieuse coïncidence : le jour le plus froid en moyenne, durant le mois de novembre, à Bruxelles et aux environs, est précisément le 21 novembre.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

La machine à maçonner. — M. John Henri Kneight, de Barfield (Fornham), a fait connaître récemment une machine à maçonner fort ingénieuse, capable d'exécuter tous les gros travaux avec une perfection égale et une rapidité bien supérieure à celle des meilleurs ouvriers.

Le travail est réparti entre trois hommes. Le premier étend un lit de mortier; le second y pose les briques simplement les unes à côté des autres, en ayant soin de laisser un certain intervalle entre chacune d'elles et la dernière mise en place; la machine se charge alors de leur donner une position correcte, et fait ainsi tout le travail qualifié; tous les mouvements nécessaires sont exécutés par elle d'une manière parfaitement automatique, le troisième ouvrier, chargé de la manœuvrer, ayant simplement à tourner une manivelle.

La machine roule sur une traverse horizontale garnie d'une semelle d'acier, qu'on soulève d'une épaisseur de brique chaque fois que la muraille s'élève d'une rangée. La manivelle agit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages sur un pignon; les dents de celui-ci s'engagent dans les maillons d'un chaîne tendue tout le long de la traverse.

La machine porte une longue règle horizontale, qui, en se déplaçant, appuie sur le bout des briques et les met dans l'alignement voulu. Un marteau, commandé par une roue à rochet, frappe contre la face située dans la direction du mouvement et refoule la brique contre celle qui vient d'être mise en place, soulevant une crête de mortier qui s'interpose entre les deux. Une autre roue, enfin, est munie de cames, qui frappent sur la face supérieure et produisent une bonne adhérence avec le mortier.

L'inventeur estime que chaque brigade posera de 500 à 600 briques à l'heure.

La machine sténodactyle. — M. Lafaurie vient de réaliser une curieuse machine, dite *Sténodactyle*, qui n'est autre qu'une machine à écrire la sténographie, ou mieux à l'imprimer par un procédé analogue à celui de la machine à écrire. Un très petit nombre de touches suffit pour enregistrer phonétiquement toutes les syllabes entrant dans la composition des mots. Bien entendu, le caractère dominant de cette machine, et ce

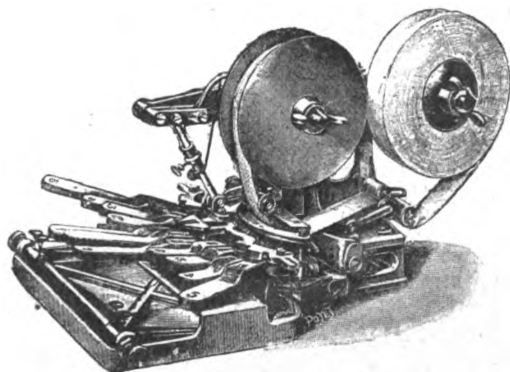


Fig. 1. — *Machine sténodactyle Lafaurie.*

qui constitue la grande économie de temps qu'elle réalise sur la machine à écrire, c'est l'usage qu'elle fait des principes phonétiques de la sténographie; mais, au lieu de signes, elle emploie des combinaisons de chiffres, et le grand nombre de combinaisons possibles avec peu de chiffres lui permet de recourir à un nombre très faible de ceux-ci :

Les combinaisons de 5 chiffres, réalisées à l'aide des 5 doigts de la main gauche, enregistrent les consonnes, et les combinaisons de 5 chiffres, réalisées à l'aide des 5 doigts de la main droite, enregistrent les voyelles ou diphtongues. Le jeu simultané des deux mains, sans déplacement latéral de celles-ci, réalise l'enregistrement rapide de syllabes sur une bande de papier analogue à celle des enregistreurs Morse.

La lecture de cet enregistrement est très facile et peut être faite par tout le monde, tandis que la lecture de la sténographie comporte de très grandes difficultés pour tout autre que l'opérateur lui-même. Il y a, en effet, une très grande part à faire à l'équation personnelle, ou aux habitudes personnelles de l'opérateur, qui déforme de telle ou telle façon les caractères conventionnels de la sténographie. Un autre désavantage de cette dernière réside dans la très grande différence des méthodes employées, non seulement d'un pays à l'autre, mais d'un système à l'autre de sténographie pour un même pays. Enfin, la fatigue de la sténographie à grande vitesse est très considérable : on sait que les sténographes parlementaires, par exemple, doivent se succéder à quelques minutes d'intervalle, et même se doubler constamment pour assurer le service.

Il n'en est pas de même de la sténodactylie, dans la-

quelle le jeu des dix doigts est extrêmement simple, plus simple, en effet, que celui du piano, puisqu'il n'y a pas déplacement latéral des mains dans la sténodactylie comme dans ce dernier, et que les doigts restent toujours au contact des leviers ou touches qui leur correspondent, cette correspondance demeurant, contrairement à ce qui a lieu pour le piano, invariablement la même.

Dans ces circonstances, il semble qu'il y a une place toute marquée dans l'industrie pour une telle méthode, et il paraît, à ceux qui la connaissent bien, qu'elle résout, élégamment et avec avantages, un problème qui restait depuis longtemps posé pour le public intéressé, et qui n'avait pas encore été résolu de façon satisfaisante.

§ 4. — Physique

Nouvelle méthode pour mesurer la tension superficielle des solutions salines diluées. — Bien que les mesures de constantes capillaires aient déjà fait l'objet de nombreux travaux, on ne s'est, jusqu'à ce jour, que peu ou point occupé des solutions salines plus diluées que 0,5 normales.

Ces solutions moins concentrées sont pourtant dignes d'un intérêt tout spécial, puisque certaines autres constantes caractéristiques des solutions, tout en se comportant en général d'une manière additive, présentent, pour des dilutions croissantes, des phénomènes de plus en plus anormaux. Il fallait donc s'attendre à constater aussi une anomalie analogue dans le cas de la tension superficielle. Mais les méthodes dont on s'est jusqu'ici servi ne se prêtaient guère à une étude pareille, les minimes différences entre la tension superficielle de l'eau pure et celle des solutions diluées étant de l'ordre même de grandeur des erreurs de l'expérience.

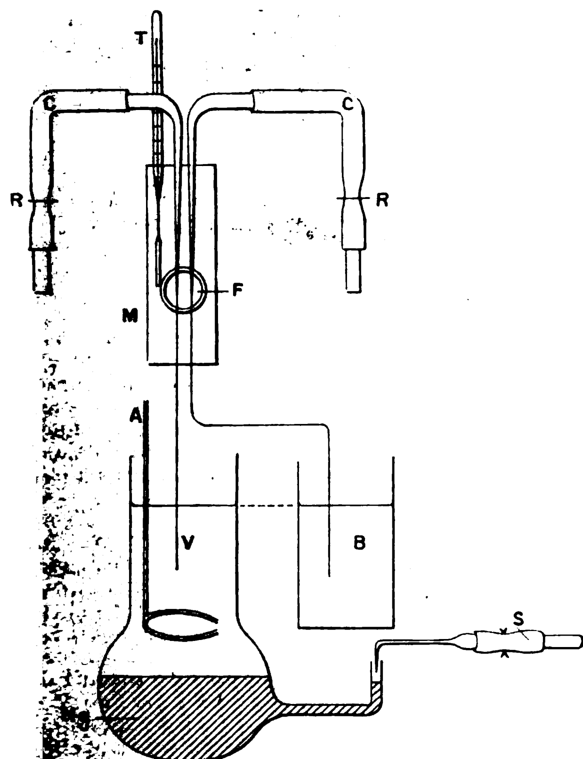


Fig. 1. — *Appareil pour mesurer la tension superficielle des solutions salines diluées.* — V, tube à deux branches rempli de mercure; S, siphon capillaire; A, agitateur; B, vase rempli d'eau; M, manchon; F, fenêtre; T, thermomètre; CR, tubes capillaires coudés.

Sur le conseil du Professeur A. Heydweiller, M. A. Gradenwitz[1] vient d'aborder ce problème, en modifiant à cette fin la méthode classique des ascensions capillaires. Il a employé, notamment, un système de deux tubes identiques, dont l'un est plongé dans l'eau pure, l'autre dans la solution à étudier, et a déterminé, directement, non pas les ascensions elles-mêmes, mais les minuscules différences d'élévation dans ces deux tubes.

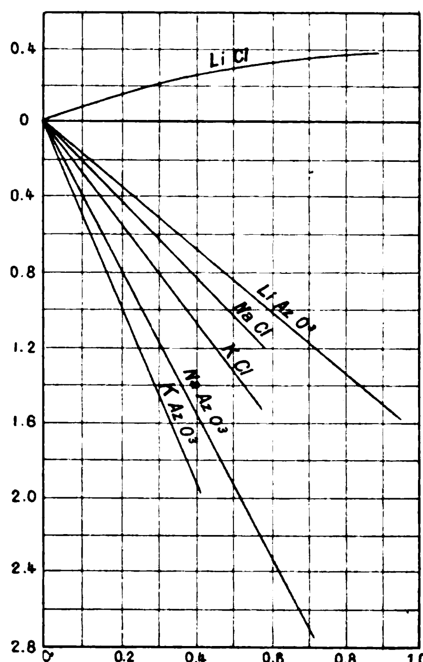


Fig. 2. — *Courbes indiquant la cohésion spécifique de diverses solutions.*

Comme, cependant, une telle mesure, faite par voie directe, présente certaines difficultés très sérieuses, M. Gradenwitz imagina, après quelques tâtonnements, le procédé suivant, qui n'évite pas seulement ces inconvénients, mais est susceptible d'une précision bien supérieure à celle que permettent les mesures directes.

Le liquide à expérimenter, — qui, au début de chaque série, était de l'eau pure, — est versé sur une couche d'à peu près 2 centimètres de mercure. Ayant ensuite ajouté une certaine quantité de solution d'une concentration connue, ce qui modifie la constante capillaire du liquide, l'on ajoute ou enlève du mercure jusqu'à compenser le déplacement du ménisque qui a eu lieu dans le tube. En pesant cette quantité de mercure ajoutée ou ôtée, l'on obtient, avec une remarquable précision, la différence d'ascension cherchée : il suffit, pour cela, de mesurer la section du vase ou bien de déterminer empiriquement le facteur de réduction. (L'addition de 27 grammes de mercure correspondait à une variation de niveau d'à peu près 1 millimètre.) Il faut, cependant, déduire de cette différence d'ascension le changement de niveau dû à la solution ajoutée, pour en avoir la partie proportionnelle à la cohésion spécifique.

Voici l'appareil qui a servi à appliquer la méthode précédente. Le vase V (fig. 1) forme un système de tubes communicants, dont la branche large sert de vase d'expérience. Au fond de celui-ci, l'on a versé du mercure soigneusement purifié, lequel remplit entièrement le

[1] Voir la thèse inaugurale de l'auteur : *Ueber eine neue Methode zur Bestimmung von Kapillarkonstanten verdünnter Salzlösungen*. Breslau, 1902.

tube horizontal étroit et l'autre branche du système, courte et étroite elle aussi. Le liquide à expérimenter est ensuite versé sur le mercure de la branche principale. Au moyen du siphon capillaire S, l'on peut, en ôtant ou en ajoutant du mercure dans la branche étroite, faire varier le niveau du vase de quantités minimes.

Le manchon M, au-dessus de V, fermé en bas par un bouchon de caoutchouc et rempli d'eau, est traversé par deux tubes capillaires, dont l'un plonge dans le liquide à étudier, tandis que l'autre, baigné par l'eau du godet B, sert de tube de contrôle, afin d'éliminer l'influence des oscillations de température, amorties, du reste, par le bain liquide. Les ménisques capillaires sont, tous les deux, observés au travers de la fenêtre F, au moyen de la lunette d'un cathétomètre, avec lequel on mesure aussi, d'une manière approximative, l'ascension totale dans le tube à expérimenter. Le thermomètre T, au dixième de degré, indique la température du bain à proximité des ménisques[1].

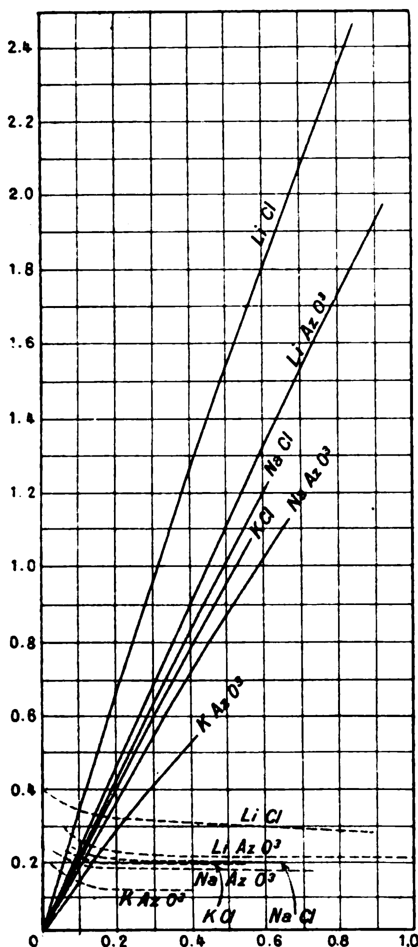


Fig. 3. — *Courbes indiquant la cohésion vraie des mêmes solutions.*

La présente méthode a été appliquée à l'étude de solutions des chlorures et nitrates de sodium, potassium et lithium, de 0,01 à 0,5 normales. Des résultats obtenus, nous ne reproduirons ici que les courbes représentatives des cohésions spécifique et vraie (fig. 2 et 3); on a porté en abscisses les normalités *m*, en ordonnées les accroissements, en pour cent, des cohésions, relativement à celle de l'eau pure; les lignes en pointillé représentent les quotients $\frac{\Delta\alpha}{\alpha.\, m}$.

Ces quotients, comme on le voit sur la figure 3, décroissent d'abord assez rapidement, puis lentement, quand la concentration augmente : pour une même concentration, ils varient d'un sel à un autre. Le théorème de M. Quincke, d'après lequel ces *cohésions moléculaires* seraient identiques pour tous les sels, ne définit donc que l'ordre de grandeur de ces quotients. Pour une même série, les chlorures par exemple, les cohésions moléculaires varient en sens inverse des poids moléculaires, à l'encontre des conductivités électriques moléculaires, qui, pour ces mêmes sels, vont en croissant quand le poids moléculaire augmente.

M. Gradenwitz a vérifié enfin la loi des modules de M. Valson, d'après laquelle la cohésion spécifique est une propriété « additive » des constituants de la molécule, ainsi qu'une loi récemment énoncée par M. Sentis et relative aux rapports des constantes capillaires avec les volumes moléculaires.

[1] Pour la théorie complète de l'appareil, avec son facteur de correction et les détails des mesures elles-mêmes, nous renvoyons au travail précité les lecteurs désireux d'avoir des détails plus précis. On y trouvera également un aperçu historique et critique des travaux des savants qui ont étudié précédemment la question.

§ 5. — Électricité industrielle

Nouveau système de télégraphie sans fil. — Alors que les progrès réalisés, ces temps derniers, dans le domaine de la télégraphie sans fil, tendent à augmenter de plus en plus les distances limites des transmissions télégraphiques, on s'est peu ou point soucié d'étudier avec plus d'attention les phénomènes présentés par le milieu intermédiaire entre les deux stations et de trouver, par là, le moyen de remédier aux nombreuses imperfections inhérentes à ces systèmes, dans leur état actuel. Parmi les inconvénients s'opposant à une diffusion plus générale de la télégraphie sans fil, il faut citer, en premier lieu, le fait que, les télégrammes se propageant, depuis la station transmettrice, suivant toutes les directions, il paraît impossible de conserver le secret d'une telle missive. D'un autre côté, les stations réceptrices enregistrant des télégrammes provenant d'une direction quelconque, l'on est exposé, du dehors, à des perturbations rendant impossible la correspondance entre deux stations données. Enfin, mentionnons l'impossibilité où l'on est de déterminer la direction de provenance de chaque télégramme arrivant.

Tous ces inconvénients sont essentiellement liés à l'emploi des *antennes*. M. R. Blochmann, ingénieur à Kiel, vient de présenter au récent Congrès des Naturalistes allemands, à Carlsbad, une modification de ce système; nous empruntons au résumé qu'en publie la *Physikalische Zeitschrift*[1] les détails que voici. L'auteur remplace les antennes par un autre dispositif multiplicateur des rayons électriques, dispositif qui évite tous les inconvénients précités. Des lentilles de résine, de verre, de paraffine ou d'une autre substance à constante diélectrique élevée, se sont montrées tout spécialement appropriées à cet effet. Les dimensions de ces lentilles n'ont, chose singulière, point besoin d'être grandes, en comparaison des longueurs d'onde employées. L'auteur a réussi à couvrir, avec des lentilles de 0m,80 de diamètre et des ondes d'une longueur d'environ 0m,20, des distances de plusieurs kilomètres. Les ondes électriques issues du transmetteur T (fig. 1) ne peuvent sortir qu'au travers de la lentille L; elles sont, grâce à ce passage, concentrées et orientées.

L'effet des séries d'ondes ainsi orientées est ultérieurement renforcé parce qu'elles doivent traverser une lentille L' analogue, avant de venir frapper le détecteur D placé, à la station réceptrice, au foyer de cette lentille.

[1] N° 3, novembre 1902.

En dehors de cette action, les ondes, — et c'est chose importante, — se propagent en ligne droite, entre les deux stations, tout comme les ondes lumineuses issues d'un projecteur optique. Comme les propriétés de ces deux espèces d'ondes sont tout à fait analogues, l'auteur propose de désigner ce système de télégraphie sans fil sous le nom de : *Télégraphie radiante*.

En disposant, de loin en loin, des stations à relais, communiquant automatiquement les dépêches arrivantes à un nouvel appareil transmetteur, l'on peut accroître à volonté la distance franchissable au moyen de cette sorte de télégraphie. En outre, le système permet d'entretenir, par delà ou tout autour d'une chaîne de montagnes, un service télégraphique secret, soustrait à toute perturbation. Dans des cas spéciaux, si, notamment, l'on désirait émettre des télégrammes directement et à grande distance, ou bien en direction rayonnante, on pourrait compléter le dispositif par des antennes mobiles.

En munissant la station réceptrice, non pas d'un, mais de plusieurs détecteurs, il sera, d'autre part, facile d'analyser la direction de provenance des dépêches arrivant et de former, pour ainsi dire, l'image électrique de toute la contrée environnante; c'est qu'en effet, pour être perçus par le détecteur, les rayons incidents doivent être sensiblement parallèles à l'axe optique commun des deux lentilles correspondantes.

La télégraphie radiante donne, par exemple, le

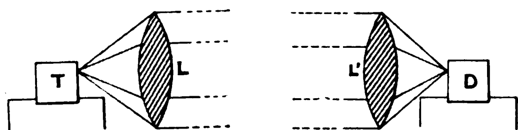


Fig. 1. — *Dispositif de M. R. Blochmann pour la télégraphie radiante.* — T, transmetteur produisant les oscillations électriques; L, L', lentilles de résine ou de paraffine, orientant les oscillations; D, détecteur recevant les oscillations transmises.

moyen de déterminer la position d'un navire à un moment quelconque, même par les forts brouillards, pourvu que le navire se trouve dans le domaine de deux stations télégraphiques.

La nouvelle lampe à incandescence à l'Osmium. — Depuis l'apparition sur le marché de la lampe Nernst, de nouveaux systèmes d'incandescence électrique sont annoncés chaque jour. L'un des derniers est celui du Dr Auer von Welsbach, qui remplace, dans une lampe ordinaire, le filament de carbone par un filament d'osmium. Une Compagnie s'est déjà formée pour l'exploitation de son brevet et a lancé dans le commerce une lampe de 25 volts, ne consommant que 1,5 watts par bougie au lieu de 3,5 et durant 1.400 heures. Elle s'occupe d'établir un type de 200 volts, mais n'a pu jusqu'ici lui donner une forme pratique.

Projet de transport d'énergie à 60.000 volts de Niagara à Toronto. — Nous pensons qu'il convient d'enregistrer chaque nouveau projet de transport d'énergie à très haute tension (supérieure à 40.000 volts), et non seulement de l'enregistrer, mais d'en suivre scrupuleusement la *construction*, les *essais* et le *fonctionnement régulier*. Souvent le projet comporte l'emploi de 60.000 volts; la construction de la ligne est faite en vue de cet emploi le jour où la pratique l'aura suffisamment sanctionné. Les essais de la ligne sont faits sous cette très haute tension à l'aide de simples transformateurs d'essai; on monte même en essais jusqu'à 80 ou 100.000 volts, et on les maintient juste assez pour éprouver un peu la ligne à cette tension. La tension régulière en service est alors ramenée aux limites pratiques de 40 à 50.000 volts, mais l'habitude se conserve malheureusement, dans la presse, d'assigner à la ligne, pour valeur de la tension en service courant, la valeur bien supérieure de la tension d'essais.

Cette précaution prise, et nous aurons l'occasion d'y revenir ultérieurement, nous devons signaler l'adoption définitive de 60.000 volts pour la transmission d'énergie du Niagara (rive canadienne) à Toronto, sur une distance d'environ 144 kilomètres. Le courant électrique, produit par des génératrices d'une puissance de 10.000 chevaux, sous une tension de 11.000 volts, sera transmis à la ligne aérienne, après avoir subi une élévation de tension de 11.000 à 60.000 volts.

La ligne présentera encore probablement un autre caractère intéressant : celui d'être établie en fils d'aluminium, métal dont l'emploi se répandrait certainement beaucoup plus vite qu'il ne le fait, si ses qualités mécaniques et ses facilités de soudure et de connexion ne laissaient encore à désirer.

§ 6. — Chimie physique

Sur l'état du sulfate de soude en solution aqueuse. — Quel est l'état d'un corps dissous? Avons-nous en solution ce que nous appelons les molécules chimiques, ou bien les particules cristallines se conservant intactes, au moins un certain temps, au sein de la solution? Si la première hypothèse est vraie, et c'est celle adoptée par la théorie des solutions, un corps polymorphe à l'état solide ne pourra subsister que sous une forme en solution; si c'est la seconde hypothèse qui est exacte, il pourra subsister sous plusieurs états correspondant aux diverses formes du sel solide qui auront servi à préparer la dissolution. Une expérience très simple et publiée par M. Wyrouboff[1] semblait confirmer la seconde hypothèse. L'expérience consistait à précipiter par l'alcool deux solutions de même concentration, fraîchement préparées, l'une avec le sulfate de soude déshydraté à la température ordinaire et correspondant au minéral appelé thénardite, l'autre avec ce même sel fondu à 500°. Ces deux solutions donnaient : la première, un précipité composé exclusivement de l'hydrate $SO^4Na^2,10H^2O$; la seconde, un précipité de thénardite. L'hydrate se reconnaissait à son efflorescence et à sa forme; la thénardite, à sa forte biréfringence. Comme l'alcool n'avait pour effet, au moins en apparence, que de séparer brusquement le sel dissous de sa solution en lui conservant l'état moléculaire qu'il y possédait, la seconde hypothèse se trouvait justifiée.

Critiquées d'abord par Ostwald, ces expériences ont été reprises tout récemment par un élève de Hantzsch[2] et soumises à un contrôle analytique qui a montré que les résultats annoncés n'étaient qu'apparents. Les deux solutions, préparées suivant les indications du mémoire cité plus haut, donnent toujours le même sel comme précipité, et, si on l'essore rapidement, on y trouve à très peu près l'eau exigée par la formule de $SO^4Na^2,10H^2O$. La présence de thénardite dans les précipités pourrait, d'ailleurs, s'expliquer par l'échauffement observé quand on mélange l'alcool et la solution; partant d'une solution à 25°, cet échauffement, si le mélange est effectué brusquement, peut suffire à élever la température au-dessus du point de transformation de l'hydrate, et c'est alors le sel anhydre qui précipite. En remplaçant l'alcool absolu par un volume plus grand d'alcool à 75 °/₀ ou par un volume égal d'acétone, on n'obtient jamais que le sel hydraté ordinaire.

En résumé, avec ces expériences, disparaît une objection expérimentale importante, et, sur ce point particulier tout au moins, la théorie moderne des solutions conserve toute sa valeur. **C. M.**

[1] *Bulletin de la Société Chimique*, 1901, p. 105.
[2] *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XLII, p. 202.

Composés diazoïques. — Sur ce sujet, la *Revue* a reçu une lettre intéressante, dont elle n'a pu déchiffrer la signature. Elle prie l'auteur de se faire connaître.

§ 7. — Chimie industrielle

Le Gaz naturel en Angleterre. — Il y a de nombreuses années déjà que les premiers gisements en ont été découverts. Mais, jusqu'à présent, il n'a pas été sérieusement exploité. Cet état de choses semble devoir se modifier grâce à la constitution de la société anonyme « Natural Gazfields of England », qui se propose de le capter en grand et peut-être de l'amener jusqu'à Londres.

Le premier forage, déjà fort ancien, a été exécuté à Heathfield (Sussex) par le London Brighton and South-Coast Railway. La Compagnie cherchait de l'eau; à 377 pieds de profondeur, elle trouva du gaz en abondance, mais elle ne songea pas d'abord à l'utiliser et le laissa s'échapper librement. Elle l'employa plus tard pour éclairer la station la plus proche, et pour actionner un petit moteur; mais elle n'en tira pas d'autre parti.

Vinrent ensuite des prospecteurs américains, qui, après plusieurs années d'études et de travail, abandonnèrent leurs recherches, sans que la raison en soit bien exactement connue. Enfin, la Société actuelle a résolu d'entreprendre une exploitation systématique de cet important produit naturel.

Le gaz paraît se trouver à une pression considérable dans toute la couche d'argile connue sous le nom de Kimmeridge Clay et qu'on trouve, à 400 pieds de profondeur environ, dans toute la région qui s'étend de Dorset au Pas-de-Calais. Sa composition moyenne est :

Gaz des marais	72,5 %
Autres hydrocarbures	5,5
Oxyde de carbone	4,0
Oxygène	18,0

Il ne renferme ni acide carbonique, ni ammoniaque, ni hydrogène sulfuré.

La compagnie a acquis déjà le droit exclusif d'opérer des forages sur une étendue de plus de 300 milles carrés (environ 75.000 hectares) et le droit de poser ses canalisations le long de la ligne de chemin de fer jusqu'à Londres. Les documents publiés jusqu'ici ne permettent pas de se faire une idée précise de la quantité de gaz existant sous le sol du Sussex, mais elle paraît être considérable. Peut-être ce gaz procurera-t-il à l'industrie anglaise une partie des avantages que les gisements de Pittsburg et de la région des Lacs ont procurés et procurent encore à l'industrie américaine. D'après une note récente du Service géologique des Etats-Unis, ce gaz éclaire 4 millions de citoyens et actionne 1.545 usines, et sa consommation augmente encore d'année en année. Malheureusement, sa pression diminue déjà sensiblement, et les compagnies qui le transportent à grandes distances sont obligées maintenant de le comprimer artificiellement, ce qui augmente sensiblement son prix de revient; une seule entreprise, la « Snow Steam pump Works » de Buffalo, a installé récemment 4 moteurs à gaz de 4.000 chevaux chacun pour actionner les machines de compression.

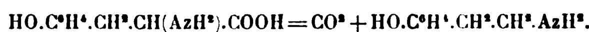
§ 8. — Chimie physiologique

Le venin du Crapaud et celui de l'Araignée porte-croix. — Lorsqu'on triture la peau du crapaud (*Bombinator igneus*) avec du verre et qu'on épuise par la solution physiologique de sel marin, on obtient un liquide à propriétés hémolytiques très prononcées. M. Fr. Pröscher[1] a trouvé que la substance active, la *phynolysine*, est rapidement détruite par la chaleur (56°), la lumière, les acides et les bases, les ferments digestifs. Elle n'agit pas sur le sang de crapaud et de grenouille, mais très activement sur le sang de mouton, puisque 0,3 milligrammes de phynolysine suffisent pour dissoudre complètement les globules de 1 litre de ce sang.

Non moins énergique est l'hémolysine que l'on obtient en triturant l'araignée porte-croix (*Epeira diadema*) avec de l'eau salée à 10 %. Une araignée du poids de 1 gr. 4 fournit de quoi dissoudre les globules de 2,5 litres de sang de lapin. Les sangs d'homme, de bœuf et d'oie sont moins atteints; ceux de cobaye, de cheval, de mouton et de chien ne sont pas touchés. M. H. Sachs[1], qui a étudié cette *arachnolysine*, a montré, en outre, que l'on peut obtenir des sérums doués, vis-à-vis de cet agent, de propriétés antitoxiques.

Séparation fermentative d'acide carbonique sous l'influence des diastases digestives. — On sait depuis quelque temps que, sous l'influence de la putréfaction, certains produits de l'hydrolyse des matières albuminoïdes peuvent être transformés en bases alcaloïdiques par simple départ d'acide carbonique. C'est ainsi que M. Ellinger a établi que les bactéries de la putréfaction des matières protéiques transforment l'ornithine en putrescine, la lysine en cadavérine, en détachant simplement CO^2 de la molécule primitive. Voici que des réactions du même genre viennent d'être observées en milieu aseptique ou antiseptique et en présence des diastases digestives.

En faisant digérer du pancréas avec de l'eau et du toluène, M. L. Emmerson[2] a pu retirer de la masse, à côté de la tyrosine, de l'*oxyphényléthylamine*, qui a été nettement caractérisée, et l'auteur a démontré, par des essais directs, que, durant l'autolyse pancréatique, la tyrosine d'abord formée disparaît peu à peu, parce qu'elle est transformée en oxyphényléthylamine. Cette intéressante réaction peut être formulée ainsi :



$$HO.C^6H^4.CH^2.CH(AzH^2).COOH = CO^2 + HO.C^6H^4.CH^2.CH^2.AzH^2.$$

On assiste donc là à un dédoublement réduit à un simple départ de CO^2, sans fixation d'oxygène ou d'eau, et réalisé par des diastases, sans intervention bactérienne. D'autres réactions du même genre ont été observées récemment. C'est ainsi que M. Lawrow[3] a trouvé, parmi les produits de la digestion gastrique prolongée, de la cadavérine et de la putrescine, que M. Werigo[4] a également extrait de la cadavérine des produits de l'autolyse du pancréas, que M. Langstein[5] a trouvé l'oxyphényléthylamine dont il est question plus haut, parmi les produits de la digestion pepsique prolongée.

Il sera intéressant de rechercher si des réactions du genre de celles qu'on vient de décrire se produisent au cours des échanges nutritifs.

§ 9. — Biologie

La mort rapide des œufs mûrs. — Loeb a récemment étudié[6] un phénomène qui a été probablement vu bien des fois, mais qui n'avait pas encore été examiné avec un regard aussi pénétrant et aussi averti que celui du grand biologiste américain; c'est celui de la mort naturelle des œufs après les divisions de maturation. Les œufs des Astéries, lorsqu'ils sont renfermés dans l'ovaire, ne sont pas mûrs, c'est-à-dire qu'ils ont leur grand noyau vésiculeux; aussitôt retirés de l'ovaire et placés dans l'eau de

---

[1] Fr. Proescher : *Beiträge zur chem. Physiol. u. Pathol.*, t. I, p. 575-582.

[1] H. Sachs : *Beiträge zur chem. Physiol. u. Pathol.*, t. I, p. 125-133.
[2] R. L. Emmerson : *Ibid.*, t. I, p. 501-506.
[3] Lawrow : *Zeitschr. physiol. Chem.*, t. XXXIII, p. 312.
[4] Werigo : *Pflüger's Arch.*, t. LI, p. 362.
[5] Langstein : *Beiträge zur chem. Physiol. u. Pathol.*, t. I, p. 507.
[6] Maturation, natural death and the prolongation of the life of unf rti ized Starfish eggs, etc. (*Biological Bulletin*, vol. III, 1902, p. 295).

mer, ils expulsent deux globules polaires et sont désormais mûrs, aptes à la fécondation.

Or, si l'on examine un lot d'œufs retirés de l'ovaire depuis 24 heures, on en trouve de deux sortes: les uns, qui n'ont pas subi les divisions de maturation pour une raison quelconque, sont normalement colorés et vivants; les autres, mûrs, sont opaques, certainement morts et plus ou moins attaqués par les microorganismes de l'eau. Les œufs meurent donc de 4 à 12 heures après la maturation, pour des causes internes qui nous échappent, tandis que les œufs immatures, placés dans les mêmes conditions, vivent pendant plusieurs jours.

Loeb a pu empêcher la maturation des œufs, en les plaçant au sortir de l'ovaire dans une eau privée d'oxygène (par un courant d'hydrogène), ou bien dans une eau neutre ou légèrement acide, c'est-à-dire ne contenant pas d'ions libres OH; les œufs ne sont pas tués, ne forment pas de globules polaires et restent vivants.

On peut en conclure que la maturation est un processus de nature destructive, qui amène rapidement la mort cellulaire, s'il n'intervient pas à temps la fécondation par un spermatozoïde ou la fécondation chimique, qui provoquent des processus constructifs ou synthétiques, qui prennent le dessus sur la destruction, et conduisent à la segmentation de l'œuf.

Coccidies du testicule. — On vient de décrire récemment deux espèces de Coccidies qui présentent l'intéressante particularité de parasiter les cellules sexuelles mâles, au stade de spermatogonie. La première, décrite par Cuénot[1] sous le nom de *Legerella Testiculi*, habite le testicule d'un Diplopode, le *Glomeris marginata*, et manque totalement chez les *Glomeris* femelles; quand les Coccidies sont en nombre considérable dans le testicule, ce qui arrive souvent, elles déterminent une castration directe des régions infectées; mais l'évolution spermatogénétique suit son cours normal dans les régions indemnes voisines, de telle sorte que le réservoir séminal renferme à la fois des spermatozoïdes et les stades libres de la Coccidie; le mâle parasité peut néanmoins s'accoupler.

La seconde espèce, décrite par Siedlecki[2] sous le nom de *Caryotropha Mesnilii*, vit dans les paquets de spermatogonies d'un Annélide marin, le *Polymnia nebulosa*; les spermatogonies parasitées s'hypertrophient considérablement (ce qui n'a pas lieu chez les *Glomeris*), et il semble qu'il y ait des courants de diffusion entre l'énorme noyau de la cellule-hôte et celui de la Coccidie (d'où le nom de *Caryotropha*).

Dans les deux cas, toute l'évolution de la Coccidie, cycle asexué ou d'auto-infection, cycle sexué aboutissant à la formation des sporozoïtes, se passe entièrement dans les organes mâles de l'hôte; la propagation du parasite à d'autres individus-hôtes est un peu obscure; les kystes, agents de l'infection, doivent passer au dehors, soit au moment du rejet des produits génitaux, soit lors de la mort et de la décomposition de l'hôte.

§ 10. — Géographie et Colonisation

Conférences de la Société de Géographie de Paris. — On s'occupe beaucoup actuellement, dans le monde scientifique aussi bien que dans le monde colonial, de nos possessions de l'Afrique occidentale. La Société de Géographie de Paris vient d'entendre sur ce sujet deux intéressantes conférences : l'une, du capitaine Lenfant, sur sa Mission dans le Bas-Niger; l'autre, du Dr Barot, médecin des troupes coloniales, sur l'essor de l'Afrique occidentale française.

Mission dans le Bas-Niger. — Le capitaine Lenfant, qui commande la flottille du Bas-Niger, après avoir rappelé les événements qui aboutirent, entre la France et l'Angleterre, à la signature de la Convention du 14 juin 1898, retrace l'exploration du colonel Toutée sur le Niger, et le passage des rapides de Boussa par le lieutenant Hourst. Il conclut à la possibilité de franchir les rapides.

Puis, il expose une vue nouvelle et personnelle sur la formation de la vallée du Niger, qui se composerait, selon lui, de trois fleuves : 1° le Djoliba, qui coule depuis les sources jusqu'à la région lacustre avoisinant Tombouctou, et qui possède une crue; 2° l'Issa-Bev, qui s'écoule dans le territoire désertique de la Boucle, dont le régime pluvieux ne lui permet pas d'élever le niveau de son étiage, mais qui, s'il ne forme pas de crue, reçoit celle du premier; 3° le Kouarra, qui forme une crue à laquelle succède la crue du Djoliba, transformant ses rives et sa vallée en marécages incultes.

La vallée des deux premiers fleuves constitue une immense route calme à travers des pays cultivables et pouvant produire les denrées les plus variées : maïs, riz, coton, indigo, sésame, arachide, caoutchouc, etc. Selon le capitaine Lenfant, le pays traversé par ces deux fleuves mérite la dénomination de Nil français. Le troisième fleuve, le Kouarra, traverse, au contraire, des pays pauvres et déshérités, et son cours est entravé par les dangereux rapides de Boussa.

Le conférencier a terminé en préconisant, comme route commerciale directe pour atteindre le Tchad, le Bas-Niger et le Bénoué, qui communiquent avec le grand lac plusieurs semaines par année. Il demande que l'exploration de la route soit au moins tentée, car elle doit offrir des avantages de vitesse et d'économie considérables. D'ailleurs, le général Derrécagaix, qui présidait la séance, a marqué l'espoir de voir confier cette Mission à l'intrépide voyageur qui en a pris l'initiative.

L'essor de l'Afrique occidentale française. — Dans la première partie de sa causerie, le Dr Barot s'est efforcé de démontrer géographiquement que l'Afrique occidentale française n'est pas appréciée à sa juste valeur. Il a montré, à l'aide d'une série de cartes dressées par lui, — par l'étude des systèmes orographique, hydrographique, climatérique, etc., — qu'il existe en Afrique occidentale d'immenses territoires fertiles, salubres et peuplés, qui constituent la zone réellement colonisable de ces régions.

Cette zone s'étend sur les plateaux du Haut-Sénégal, Haut-Niger, Haut-Bandama, Haute-Volta et Haut-Ouémé; elle a une superficie de 850.000 kilomètres carrés; l'altitude moyenne y varie de 250 à 400 mètres; la température moyenne oscille entre +5° et +32° en janvier, +12° et +28° en juillet; la hauteur moyenne annuelle des pluies y est de 1m,30; on y rencontre environ un cours d'eau tous les 8 kilomètres et un village tous les 7 kilomètres. Les bestiaux et les chevaux y vivent bien: les céréales, les légumes d'Europe, les fruits, les plantes industrielles y poussent à l'envi; le sous-sol, presque inconnu, y donne déjà en certains points des minerais exploitables.

Le Dr Barot affirme que les Européens qui sont désignés pour ces hautes régions y vivent bien et longtemps; ses statistiques personnelles lui ont fourni pour les Européens : 2,5 % de mortalité et 14 % de morbidité. Il conclut que l'énergie coloniale future se concentrera en Afrique dans ses grandes zones habitables du centre, que les villes du littoral ne seront que des têtes de lignes de pénétration et des entrepôts commerciaux; d'où la nécessité d'ouvrir des routes terrestres ou fluviatiles convergeant vers le Haut-Niger où, suivant la parole prophétique de Faidherbe, s'élèvera peut-être un jour la capitale de ce vaste empire colonial.

---

[1] Cuénot: *Legerella Testiculi* nov. sp., Coccidie parasite du testicule de *Glomeris* (*Arch. Zool. exp.*, 3e série, t. X, Notes et Revue, 1902).

[2] Siedlecki : Cycle évolutif de la *Caryotropha Mesnilii*, Coccidie nouvelle des Polymnies (*Bull. Acad. des Sciences de Cracovie*, 2e série, octobre 1902).

§ 11. — Enseignement, Universités et Sociétés

Ecole pratique des Hautes Etudes. — M. Marey, membre de l'Académie des Sciences, professeur d'Histoire naturelle des corps organisés au Collège de France, directeur de la Station physiologique du Parc-des-Princes, est nommé président de la Section des Sciences naturelles de l'Ecole pratique des Hautes-Etudes, en remplacement de M. de Lacaze-Duthiers, décédé.

M. Comte, préparateur au Laboratoire de la chaire d'Histoire naturelle des corps organisés du Collège de France, est nommé préparateur du Laboratoire de la Station physiologique du Parc-des-Princes, dirigé par M. Marey.

M. Manouvrier, directeur-adjoint du Laboratoire d'Anthropologie à l'Ecole des Hautes-Etudes (section des Sciences naturelles), est nommé, en outre, préparateur à la Station physiologique rattachée à la chaire d'Histoire naturelle des corps organisés du Collège de France, en remplacement de M. Comte.

Personnel universitaire. — M. Bertin-Sans, agrégé près la Faculté de Médecine de Montpellier, est nommé professeur d'Hygiène à ladite Faculté.

M. Imbert, agrégé près l'Ecole supérieure de Pharmacie de Montpellier, est nommé professeur de Toxicologie et Chimie organique à ladite Ecole.

M. Fonzes-Diacon, agrégé près l'Ecole supérieure de Pharmacie de Montpellier, est chargé du cours complémentaire de Chimie minérale.

M. Perret, docteur en médecine, est nommé chef adjoint des travaux de Physiologie, à la Faculté de Médecine de Paris, en remplacement de M. le Dr Héricourt, démissionnaire.

M. Gaudier, agrégé près la Faculté de Médecine de Lille, est chargé d'un cours complémentaire de Clinique chirurgicale des maladies des enfants, en remplacement de M. Phocas, démissionnaire.

M. Donzé est nommé chef des travaux de Chimie organique de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lille, en remplacement de M. Sallerin, démissionnaire.

M. Fosse, docteur ès sciences, est chargé des fonctions de maître de conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Lille.

M. Grignard, docteur ès sciences, chef des travaux de Chimie générale à la Faculté des Sciences de Lyon, est délégué dans les fonctions de maître de conférences de Chimie générale.

M. Vaillant, agrégé des sciences physiques, préparateur de Physique, est nommé chef des travaux de Physique à la Faculté des Sciences de Lyon.

M. Klobb, professeur de Pharmacie à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Nancy, est chargé d'un cours complémentaire de Minéralogie et Hydrologie.

M. Labarrière, docteur en médecine, est nommé professeur d'Anatomie à l'Ecole préparatoire de Médecine d'Amiens.

M. Vincent, pharmacien supérieur de 1re classe, est nommé professeur de Pharmacie et Matière médicale à l'Ecole préparatoire de Médecine de Dijon.

M. Cibert, docteur en médecine, est nommé professeur de Clinique obstétricale à l'Ecole préparatoire de Médecine de Grenoble.

M. Gosselin est nommé professeur de Physiologie à l'Ecole préparatoire de Médecine de Caen.

M. Cavalié, agrégé près la Faculté de Médecine de Bordeaux, est nommé professeur d'Anatomie à l'Ecole préparatoire de Médecine de Clermont.

M. Mullin, professeur agrégé au Lycée de Chambéry, est chargé d'un cours d'Electrotechnique à l'Ecole préparatoire à l'Enseignement supérieur des Sciences et des Lettres de cette ville.

M. Segonzac, professeur agrégé de Mathématiques au Lycée de Chambéry, est nommé professeur de Mathématiques à l'Ecole préparatoire à l'Enseignement supérieur des Sciences et des Lettres de cette ville.

M. Poirier, agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, ancien chef des travaux anatomiques, est nommé professeur d'Anatomie à cette Faculté, en remplacement de M. Farabeuf, admis à la retraite.

M. Lutz, docteur ès sciences, est nommé chef des travaux de Micrographie à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, en remplacement de M. Guérin, appelé à d'autres fonctions.

M. Pollosson, agrégé des Facultés de Médecine, est chargé d'un cours complémentaire de Clinique des maladies des femmes à la Faculté de Médecine de Lyon, en remplacement de M. Laroyenne, décédé.

M. Leser est délégué dans les fonctions de chef des travaux de Chimie générale, en remplacement de M. Grignard, appelé à d'autres fonctions.

M. Leclerc du Sablon, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Toulouse, est nommé doyen de ladite Faculté.

M. Guillemonat, préparateur du Laboratoire de Médecine expérimentale dirigé par M. Charrin à l'Ecole pratique des Hautes-Etudes (Section des Sciences naturelles), est nommé maître de conférences au dit Laboratoire.

Conférences des Amis de l'Université. — Le Conseil de l'Université vient d'arrêter la liste des conférences du soir, faites à la Sorbonne. Ces conférences, placées sous le patronage de la Société des Amis de l'Université, dont le président est M. Casimir-Perier, recommenceront aujourd'hui 15 janvier par une conférence de M. Debove, doyen de la Faculté de Médecine.

Voici la liste des dix conférences :

Le 15 janvier, M. Debove (Médecine) : « Larrey ».

Le 22 janvier, M. A. Colin (Droit) : Le « Féminisme devant le Droit ».

Le 29 janvier, M. Puech (Lettres) : La « Propagation du Christianisme aux trois premiers siècles de notre ère ».

Le 5 février, M. Puiseux (Sciences) : Les « Cirques lunaires sont-ils des volcans »?

Le 12 février, M. J. Viénot (Théologie protestante) : « Un humoriste au seizième siècle : Agrippa d'Aubigné ».

Le 19 février, M. Berthélemy (Droit) : La « Défense des impôts indirects ».

Le 26 février, M. Pruvôt (Sciences) : « Le Corail et les coraux ».

Le 5 mars, le Dr Landouzy (Médecine) : La « Lutte contre la tuberculose dans la famille et la société ».

Le 12 mars, M. Durkheim (Lettres) : La « Religion du Clan (totémisme) ».

Le 26 mars, M. Coutière (Pharmacie) : Les « Animaux à fourrures ».

L'Institut de Sociologie de Bruxelles. — On vient d'inaugurer à Bruxelles l'Institut de Sociologie que M. Solvay a fondé dans cette ville dans la pensée de développer par la science le bien-être de tous. Le bâtiment affecté aux chercheurs sociologues est situé dans un beau parc, à côté de l'Institut de Physiologie dû à la généreuse initiative du même donateur, et des autres créations communales qui en ont été la conséquence : Institut d'Hygiène et de Bactériologie, Institut d'Anatomie, etc. Les architectes de cet établissement ont disposé une belle salle de lecture centrale, à laquelle aboutissent une douzaine de petites salles d'étude destinées aux travailleurs qui ont besoin de la solitude. La bibliothèque renferme 7.000 volumes. Des cabinets séparés sont réservés aux collections de Statistique, de Technologie économique, d'Anthropologie, d'Histoire sociale et économique.

Le directeur du nouvel Institut est M. Emile Waxweiler; il sera aidé dans sa tâche par des savants estimés, MM. Ansiaux, G. Des Marez, E. Houzé A. Prins et L. Wodon.

L'ENSEIGNEMENT DE LA MINÉRALOGIE

La Minéralogie, qui a été constituée à l'état de branche indépendante par Romé de l'Isle et Haüy, subit en France, depuis un quart de siècle, un très fâcheux déclin. Alors qu'en Allemagne, en Angleterre, en Italie paraissent d'innombrables travaux, de mérite très inégal sans doute, mais parmi lesquels il y en a de fort intéressants, le *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, le seul recueil spécial existant, arrive avec une peine de plus en plus grande à s'alimenter. On pourra me répondre en me citant des noms de minéralogistes français contemporains qui se sont acquis une réputation européenne et qui n'ont en rien démérité de leurs illustres devanciers. Oui, sans doute; mais ils représentent les générations antécédentes. Je cherche où sont les éléments de la génération future qui viendra les remplacer et je ne les trouve pas. Ni dans les rares écoles spéciales où la Minéralogie est enseignée et où les élèves la considèrent comme un objet accessoire encombrant les examens, ni dans les Facultés où elle ne trouve d'amateurs que parmi les aspirants au certificat d'exemption des deux années de service militaire, je n'aperçois un indice qui permette de compter sur l'avenir. Car, il ne faut pas se le dissimuler, sans une organisation rationnelle de l'enseignement, il peut y avoir de temps à autre des hommes supérieurs, qui se développent malgré tous les obstacles; il ne saurait y avoir cet ensemble d'efforts, petits et grands, sans lesquels aucune science ne peut actuellement poursuivre son progrès régulier. A quoi tient cet état de choses? La question vaut d'être posée et il n'est pas difficile d'y répondre.

Tout phénomène d'ordre social, si petit et si spécial qu'il soit, a pour raison d'être des causes fort complexes. Parmi ces causes, il en est toujours de générales, et d'autres, contingentes, qu'on peut négliger dans une première approximation. Ce sont ces éléments primordiaux du problème que je vais essayer de dégager.

I

La Minéralogie a été, jusque vers le milieu du XIXe siècle, une de ces sciences qu'on désigne sous le nom de « naturelles » et qu'il est plus philosophique d'appeler « descriptives »; elle était destinée à nous faire connaître dans ses moindres détails une partie de ce grand tout auquel on donnait le nom de « règnes de la Nature ». Sous cette forme, elle avait son unité propre et correspondait pleinement au but qu'elle se proposait : elle caractérisait des espèces par tous les moyens que les diverses sciences mettaient à sa disposition, sans tirer de conclusions générales. Mais il arriva un moment où, du groupe alors fort nombreux des minéralogistes, se détachèrent quelques hommes, plus géomètres qu'observateurs, qui s'occupèrent, d'une façon en quelque sorte abstraite, de la forme cristalline, si peu connue encore, des minéraux. La Cristallographie acquit ainsi une certaine indépendance, très relative d'ailleurs, car on ne voyait pas bien à quoi elle pouvait servir en dehors de la détermination des cristaux naturels ou artificiels. Elle eut dû se détacher définitivement de la Minéralogie dès 1849, car Bravais venait de déduire toutes les propriétés des polyèdres cristallins de la notion physique d'homogénéité, et de fonder ainsi une discipline scientifique aussi rationnelle que n'importe quelle branche de la Physique. Mais il se produisit alors la confusion dont nous souffrons aujourd'hui; les physiciens n'y firent aucune attention, estimant que l'étude des cristaux appartenait à la Minéralogie, et les minéralogistes ne la connurent même point, n'étant pas préparés pour la comprendre. Ce n'est que trente ans plus tard, grâce à Mallard, qui fit descendre la théorie de Bravais des abstractions géométriques dans le domaine des faits d'observation, que la scission se fit, profonde, irrémédiable. La Minéralogie se trouva coupée en deux tronçons, de caractères fort différents : l'un représentant la vieille Minéralogie, essentiellement descriptive, l'autre formant la nouvelle branche, qu'on a continué d'appeler la Cristallographie, et qu'il serait plus logique d'appeler la Physique moléculaire, car il s'agit non seulement de formes, mais des propriétés physiques les plus diverses propres aux milieux cristallisés. Rien n'est plus dissemblable que ces deux moitiés de science : elles diffèrent par leurs méthodes, par leur but; elles exigent de ceux qui les cultivent des aptitudes spéciales et surtout une préparation particulière. La Minéralogie n'est qu'un chapitre de la Géologie et concourt, avec la Stratigraphie et la Paléontologie, à la détermination exacte de la structure de notre Globe. La Cristallographie n'est qu'un chapitre de la Physique; elle cherche, comme les autres parties de cette science, les lois générales qui régissent une certaine catégorie de propriétés de la matière, et ne fait qu'introduire dans cette recherche une condition particulière, celle des milieux doués de symétrie.

Ceux qui sont chargés d'organiser l'enseignement supérieur en France n'ont pas pris garde à cette transformation radicale de tout un département du

savoir humain; ils l'ont laissé dans l'état où il était il y a un demi-siècle. Je ne dis pas cela pour leur en faire un reproche, et je reconnais volontiers que, s'il y a eu faute, elle est singulièrement atténuée par bien des circonstances. Les Conseils académiques devaient nécessairement s'occuper tout d'abord des sciences qui semblent nous toucher de plus près, dont tout le monde parle et croit avoir le droit de parler; aussi a-t-on complètement transformé, avec infiniment de raison et de profit, l'enseignement de la Chimie et de la Biologie végétale ou animale. Personne ne pouvait songer à la Minéralogie, que les naturalistes dédaignaient parce qu'elle était officiellement classée parmi les sciences physiques, et que les physiciens n'acceptaient pas parce qu'en réalité elle était une science naturelle; aussi n'est-ce qu'accidentellement et comme à tâtons qu'on a entrepris quelques timides réformes. C'est sur ce malentendu qu'est basée actuellement toute l'organisation de l'enseignement minéralogique.

Dans l'immense majorité des Facultés, la Minéralogie et la Géologie sont réunies en une seule chaire; c'est l'ancien système, excellent en lui-même, et qui a pour lui non seulement les saines traditions, mais encore la saine philosophie des Sciences. Mais alors il n'est plus question de Cristallographie, de Physique moléculaire, d'étude des milieux symétriques; tout cela n'existe plus, est officiellement reconnu comme inutile. Il faut ajouter que le professeur, si excellent qu'on le suppose, ne peut mener de front les deux enseignements et que, la plupart du temps, sinon toujours, la Minéralogie est non seulement subordonnnée à la Géologie, ce qui serait légitime, mais complètement sacrifiée.

Dans deux ou trois cas exceptionnels, plutôt par luxe que pour la satisfaction de besoins pédagogiques reconnus, des chaires indépendantes de Minéralogie ont été créées. Ce système nouveau paraît être un progrès ; en réalité, il ne vaut pas mieux et vaut peut-être moins que l'ancien. Ces chaires ont été rattachées aux sciences physiques, et pourtant leur programme comporte une bonne moitié qui est de science naturelle pure; en effet, à côté de la Cristallographie dans l'ensemble de son domaine, on y trouve, à une place d'honneur, la description des espèces minérales. Une pareille confusion ne peut produire qu'une de ces trois alternatives également fâcheuses : ou bien le titulaire sera, par tempérament ou habitudes d'esprit, physicien ou chimiste, et alors il négligera complètement une bonne partie de sa tâche, et les élèves n'auront aucune notion de Minéralogie; ou bien il sera naturaliste, et alors il ne donnera à ses auditeurs que des notions vagues sur la Cristallographie qui ne leur serviront à rien ; ou bien enfin il voudra, par conscience professionnelle, remplir, dans la quarantaine de leçons dont il dispose, l'ensemble du programme qui lui est imposé, et alors les candidats au certificat ne connaîtront ni la physique des corps cristallisés, ni les caractères des espèces minérales. Je ne fais pas là des hypothèses : je constate des faits, car les trois alternatives se sont présentées, et le résultat négatif d'un pareil enseignement a été, on peut le dire, solennellement consacré : le certificat de Minéralogie a été rendu facultatif pour la licence physique.

Je n'imagine pas qu'il se soit trouvé quelqu'un pour soutenir que la connaissance des corps cristallisés n'était pas nécessaire aux chimistes et aux physiciens; mais on a pensé sans doute, et avec juste raison, qu'il valait mieux connaître un peu plus d'Analyse, de Mécanique ou même d'Astronomie, que d'avoir ces notions vagues, approximatives, incertaines, qui suffisent pour obtenir le certificat actuel de Minéralogie. Il n'y a donc nulle part, ni dans le système des chaires mixtes, ni dans le système des chaires indépendantes, les éléments d'une école, dans laquelle les jeunes pourraient apprendre la Minéralogie, telle qu'elle doit être apprise, et la Cristallographie, telle qu'elle est présentement constituée. Aussi voyons-nous le nombre de minéralogistes et de cristallographes diminuer de plus en plus, et les représentants de ces espèces presque éteintes sont-ils presque tous des autodidactes.

Est-ce vers un semblable résultat que doit tendre l'enseignement universitaire ?

II

Telle est la situation déplorable qu'aucun homme compétent ne contestera et à laquelle il importe grandement de remédier le plus tôt possible. Le remède est ici heureusement fort simple, et son application ne peut rencontrer d'obstacle que dans la survivance, si tenace, des vieilles idées ; mais l'esprit de routine, qui a si souvent retardé les progrès nécessaires, n'a jamais pu les empêcher de s'accomplir tôt ou tard. La première chose à faire est de séparer complètement, radicalement, la Cristallographie de la Minéralogie, et de rattacher cette dernière au groupe des Sciences naturelles. Elle deviendra ainsi ce qu'elle n'aurait jamais dû cesser d'être : une annexe de la Géologie. Cette réforme est bien facile à réaliser, puisqu'elle ne consiste qu'à régulariser systématiquement un état de choses qui existe aux trois quarts. Dans presque toutes les Facultés, la Minéralogie n'a pas d'enseignement spécial; elle appartient, sous forme de cours ou de conférences, à la chaire de Géologie. Il y a plus. Là même où existe une chaire indépen-

dante de Minéralogie, la Pétrographie fait corps avec l'enseignement de la Géologie. Or, il n'est pas difficile de montrer que la Pétrographie n'est qu'une annexe de la Minéralogie, ou, plus exactement, qu'elle n'est, en réalité, que la Minéralogie elle-même, considérée sous un certain aspect particulier. Voici, par exemple, trois minéraux des plus importants : le quartz, l'orthose et le mica, qui, étudiés séparément, rentrent dans le cadre de la Minéralogie, et qui, associés pour former le granit, passent dans une autre science, différente par le nom, mais identique quant aux méthodes de recherches. Je suis fort loin d'entendre par là que la Pétrographie n'a, au point de vue pédagogique, aucune valeur ; mais je constate que ces deux branches ne présentent entre elles aucune différence essentielle, et qu'elles doivent, par conséquent, faire partie d'un même enseignement. Quel que soit le titre qu'on lui donne, il devra toujours être l'étude des roches et des minéraux qui les composent, c'est-à-dire un mélange intime de ce qu'on appelle aujourd'hui Pétrographie, et de ce qu'on nommait jadis Minéralogie.

La Minéralogie définitivement reléguée dans le domaine des sciences naturelles qui lui est propre, une seconde réforme s'impose, bien plus difficile à réaliser, car elle se heurte à des obstacles budgétaires : celle de la création de chaires de Cristallographie, dont un bon nombre existent déjà en pays étrangers. Cette réforme est, du moins, exécutable dans les Facultés possédant un enseignement minéralogique indépendant ; la Minéralogie, — qui n'y a, d'ailleurs, jamais joué qu'un rôle secondaire, — une fois éloignée, elles se trouveraient toutes constituées pour l'enseignement rationnel des propriétés géométriques et physiques des corps cristallisés.

Cet enseignement doit être, comme tout enseignement universitaire, théorique et pratique à la fois. Ce n'est qu'à cette condition expresse qu'il peut être fécond. A quoi servirait, en effet, de connaître les lois de la symétrie et de la double réfraction si l'on est incapable de déterminer les paramètres d'un cristal et de mesurer ses constantes optiques? Dans l'état actuel des choses, aucune instruction pratique n'est donnée aux élèves, car le plus clair du temps est consacré, dans les conférences, à la description, parfaitement stérile, des espèces minérales, et l'on peut dire, sans rien exagérer, qu'aucun des élèves ayant obtenu le certificat ne sait manier la matière cristallisée. C'est à de semblables résultats qu'aboutit nécessairement un enseignement basé sur une conception pédagogique manifestement fausse.

J'appelle enfin l'attention sur une troisième réforme qui n'est que le corollaire logique des deux premières. La Cristallographie, débarrassée de la partie descriptive qui en déformait complètement le caractère, doit avoir pour sanction un certificat obligatoire pour la licence physique. Un physicien ne peut plus ignorer de nos jours la physique des corps cristallisés; un chimiste ne saurait être privé de la possibilité de connaître le moyen le plus simple, et de beaucoup le plus certain, de distinguer entre elles les substances qu'il produit. Tout cela paraît évident et indiscutable.

Malheureusement, dans la psychologie pédagogique, les préjugés et les préventions jouent le plus grand rôle, et le bon sens ne tient souvent qu'une bien modeste place. En examinant sans parti pris les modifications qui se produisent dans les programmes de l'enseignement supérieur, il est facile de voir qu'on crée facilement des chaires nouvelles pour des intérêts personnels, et qu'on les transforme rarement pour les besoins des progrès scientifiques. Cela est très naturel, d'ailleurs, et il n'y a pas lieu de s'en étonner lorsqu'on a réfléchi quelque peu sur les destinées des choses humaines. Je n'ai donc pas d'illusions sur le sort immédiat réservé aux idées que j'expose brièvement aujourd'hui, et que je soutiens depuis de longues années déjà. Mais ces idées seront réalisées un jour parce qu'elles sont de celles dont la nécessité s'impose, malgré toutes les routines et tous les mauvais vouloirs.

Il arrivera un temps où l'on comprendra qu'il est profondément dommageable pour l'instruction de confondre deux enseignements qui n'ont d'autres points de contact qu'une commune origine, se perdant dans le lointain du passé; qu'il est irrationnel, à notre époque de spécialisation, d'exiger d'un professeur d'être à la fois naturaliste et physicien, de décrire des espèces minérales et d'expliquer les lois qui régissent les réactions des milieux cristallisés. On comprendra que la Cristallographie, entendue comme Physique moléculaire, est une branche nouvelle du savoir, à l'heure actuelle pleinement constituée, qu'il faut lui consacrer un enseignement spécial et j'ajouterai sérieux, pour le distinguer de l'enseignement actuel, qui est approximatif, superficiel et, partant, inutile. On comprendra enfin que cet enseignement ne doit pas être facultatif, parce qu'il ne peut y avoir de Physique sans la Physique des cristaux, comme il ne peut y avoir de Chimie sans Physique dans la plus large acception du mot.

Lorsque ces notions bien élémentaires et, par cela même, fondamentales entreront dans la mentalité pédagogique, les réformes que j'indiquais tout à l'heure s'opéreront sans aucune difficulté. On créera des maîtrises de conférences de Minéralogie à côté de toutes les chaires de Géologie, même là où des chaires de Minéralogie existent actuel-

lement; on organisera un enseignement systématique de la Cristallographie, soit sous forme de chaires indépendantes, soit transitoirement sous forme de maîtrises de conférences rattachées aux chaires de Physique, là où des chaires de Minéralogie n'existent pas encore.

Cela fait, la nécessité de rendre obligatoire le certificat de Minéralogie pour la licence physique s'imposera d'elle-même, et l'on aura du même coup organisé un enseignement rationnel et trouvé des débouchés pour les jeunes qui voudraient se consacrer à cette branche du savoir. Il est certain que ces réformes se feront un jour parce qu'elles sont dans la logique irrésistible des choses; reste à espérer que nous ne les attendrons pas trop longtemps. Tel est le vœu d'un vieux cristallographe, personnellement très désintéressé, car il est fort éloigné de toutes les compétitions universitaires et n'a en vue que l'avenir d'un département scientifique important, seul capable de résoudre un jour le problème fondamental de la constitution de la matière.

G. Wyrouboff.

LA GÉOGRAPHIE PHYSIQUE DU MAROC[1]

I. — Les explorations et le progrès des connaissances géographiques.

La connaissance scientifique du Maroc a débuté dans la première moitié de ce siècle. Les historiens ou géographes arabes, les conquérants portugais et espagnols, les très rares voyageurs du XVII[e] et du XVIII[e] siècles[2] n'avaient fourni que des renseignements dépourvus de critique. On pourrait dire de même que les relations de l'Espagnol Badia (1803-1807)[3], de Jackson (1807), de René Caillié, qui suivit à la fin de son long voyage (1828) la route du Draa à Fez par le Tafilet (fig. 1), n'apportèrent que peu de notions précises, sauf en ce qui concerne la séparation du Rif et du système de l'Atlas, bien indiquée par Badia[4]. Les descriptions générales du pays publiées jusque vers 1845 se ressentent de cette pénurie, et sont, avec de bonnes parties, trop souvent fantaisistes[5].

L'élan fut donné, de 1830 à 1835, par trois beaux voyages, dont les auteurs s'attaquèrent directement aux problèmes orographiques. En 1829-1830, Washington, envoyé à Maroc comme ambassadeur, essaya de pénétrer dans le Haut-Atlas, au sud de cette ville, atteignit le voisinage de la crête principale dans une région couverte de neige, et aboutit, par de bonnes évaluations, aux premières idées justes sur l'Adrar n'Deren[1]. En 1835, Davidson complétait les indications du précédent sur la contrée au nord-ouest du Haut-Atlas, et reconnaissait la portion occidentale de l'Anti-Atlas, pendant que Arlett effectuait la première exploration hydrographique du littoral de l'Océan, et levait la partie voisine du pays[2]. Le livre de Renou, remarquable à bien des égards, la carte qui l'accompagne, et la carte du capitaine Baudoin, très consultée encore aujourd'hui, bénéficièrent de ces découvertes[3].

De 1848 jusque vers 1860, de nouveaux voyages procurèrent des données d'un caractère souvent moins général, mais qui précisèrent heureusement les idées en cours sur les régions à l'ouest et au sud-ouest du Maroc. Panet (1850) et Bou-el-Mogdad (1861), venus l'un et l'autre de Sénégambie à travers le Sahara occidental, parcoururent le pays entre l'Oued Draa et Soueïra (Mogador). Pendant ce temps, le consul de France à Mogador, M. Beaumier (1854-1874), préludait, en explorant la côte entre sa résidence et Mazagan, à son futur voyage de Mogador à Maroc, et de Maroc à Safy. Avec ces itinéraires, les levers hydrographiques de MM. Vincendon-Dumoulin et de Kerhallet dans la mer marocaine forment un ensemble riche en renseignements. Mais la grande nouveauté dans cette période fut les itinéraires de Colomb et Marès au pays des chotts de l'est marocain[4] : ils démon-

[1] En raison de l'importance particulière que les chancelleries attachent *en ce moment* à la *question marocaine*, il nous a paru utile de grouper en un tableau d'ensemble toutes les données scientifiques qui concernent le Maroc et doivent, au sujet de nos relations avec ce pays, servir de base aux appréciations de notre politique.

L'article qu'on va lire est l'introduction nécessaire à une série d'études que la *Revue* entreprend de publier sur les productions naturelles, l'agriculture, l'industrie et le commerce, les races et les sociétés, la puissance militaire et l'organisation politique du Maroc. Note de la Direction.

[2] Roland Fréjus (1686); Lemprière (1790-1791).

[3] Les dates entre parenthèses sont celles des itinéraires.

[4] Badia (Ali Bey el Abassi) : *Voyages en Afrique et en Asie*, tr. fr. Paris, 1814. — Jackson : *An account of the empire Morocco*, 2° édit. Londres, 1811. — René Caillié : *Journal d'un voyage de Tombouctou à Djenné*... (1824-1828), 3 vol. in-8° et atlas, Paris, 1830.

[5] Graberg di Hemsoe : *Specchio geographico... dell'imperio di Marocco*, in-8°, Gênes, 1834. — Drummond-Hay : *Le Maroc et ses tribus nomades*, tr. fr., in-8°, Paris, 1844.

[1] Washington : Geographical notice of the empire of Marocco, *Journ. of the R. Geogr. Soc.*, 1831 et 1832.

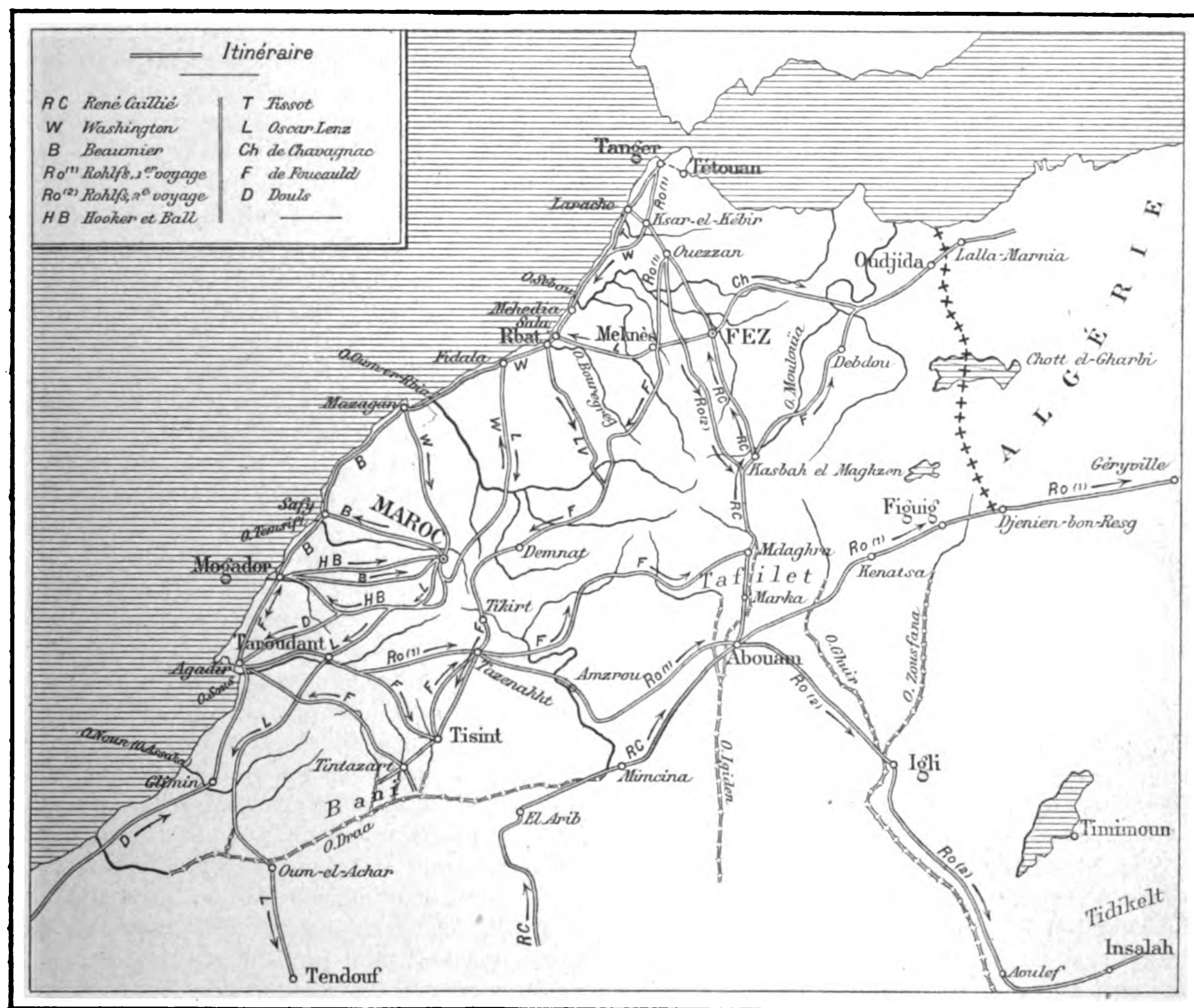
[2] Il n'a été publié que des extraits du voyage de Davidson, par Renou. — Arlett : Descript. de la côte d'Afrique, du cap Spartel au cap Bojador, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 2° sér., t. VII.

[3] Renou : Recherches scientif. sur le Maroc, in-8°, Paris, 1846. — Carte dans le *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 3° sér., t. II. — Baudoin : Carte du Maroc, *Dép. de la guerre*, 1848.

[4] Panet : *Relation d'un voyage du Sénégal à Soueïra*, in-8°,

traient déjà que le Haut-Atlas se continue, au sud-est de la Moulouïa supérieure, par des plateaux très peu ridés, formant une véritable solution de continuité du côté de l'Atlas Saharien d'Algérie. Le livre de Godard, paru en 1860, n'utilisait guère ces faits; mais l'excellente carte publiée par Kiepert, la même année, leur dut beaucoup, sans faire oublier celle de Renou, et surtout celle de Baudoin [1].

L'expédition espagnole de 1860 rendit possible, par son heureuse issue, des voyages plus étendus, ou qui s'adressèrent aux portions jusqu'alors réputées inaccessibles de l'Atlas. La géographie du Maroc en fut grandement modifiée, et désormais fixée dans quelques-uns de ses traits essentiels, dès avant la mémorable tournée du vicomte de Foucauld. En 1861-62, le docteur Rohlfs, préparé par des parcours au nord du Maroc, entre Tanger et Meknès, put effectuer l'étude d'ensemble de l'Anti-Atlas; il reconnut les principaux éléments de la chaîne, du Sous au Tafilet, et établit, par son trajet d'Abouam à Géryville, l'absence de tout lien direct entre ce système et celui du Sud-Algérien. De plus, encouragé par le succès sans précédent de cette première exploration, il traversa du nord au sud, en 1863 et 1864, tout l'Atlas marocain, depuis la route de Fez à Meknès, et relia par un itinéraire le Tafilet à Igli, au Touat, et au Tidikelt [1]. Ces deux explorations furent presque une révélation, et de nombreux savants purent désormais se lancer dans



Gravé par F. Borremans, 5 rue Hautefeuille.

Fig. 1. — *Principaux itinéraires des voyageurs européens au Maroc.*

Paris, 1851. — Bou-el-Moghdad : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1862. — Beaumier : *Le Maroc*, in-8°, Paris, 1867. — Description sommaire du Maroc, in-8°, Paris, 1868. — Itinéraire de Mogador à Maroc et du Maroc à Safy, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1868. — Itinér. de Tanger à Mogador, *ibid.*, 1876. — Vincendon-Dumoulin et de Kerhallet : *Descript. nautique de la côte nord du Maroc*, in-8°, Paris, 1857.

[1] L. Godard : Description historique et géographique du Maroc, 2 vol. in-8°, Paris, 1860. — Kiepert : Carte du Maroc, *Zeitschr. für allgem. Erdk. zu Berlin*, 1860.

[1] Rohlfs : *Reise durch Marokko*, in-8°, Brême, 1868. — *Mein erster Aufenthalt in Marokko*, in-8°, Brême, 1872.

l'investigation détaillée des grandes régions de l'Atlas.

Sans compter le botaniste français Balansa, qui se rendit, en 1867, avec M. Beaumier, de Mogador à Maroc, les auteurs de levés sur la même route arrivent à d'importants résultats concernant la partie des montagnes au sud de Maroc. Hooker et Ball (1871), accompagnés du géologue Naw, cotoient de très près la crête de l'Adrar n'Deren, et rapportent les premiers éclaircissements définitifs sur la contexture du sol, la végétation, la formation des neiges; l'année suivante, von Fritsch et Rein confirment et complètent ces données, pour la même contrée. En 1875, Mardochée-Abi-Serout parcourt le pays de l'Anti-Atlas, du Sous au Bani, qui est la dernière nervure méridionale de la chaîne. En 1876, M. Tissot donne une suite, entre Rbat et Tanger, aux itinéraires de Beaumier. Le chemin des ambassades, de Tanger à Fez par Ksar-El-Kébir, est géographiquement exploré, en 1878, par MM. Décugis, Desportes et François. Le voyage du docteur Lenz (1879), de Fidala à Maroc, Taroudant et Tendouf, première étape de la mémorable traversée du Sahara, tranche, par son envergure et par la netteté de ses conclusions, sur les précédents, mais offre peut-être moins de nouveauté dans le détail que les parcours effectués entre Fez et Oudjida par Colville (1877), de Chavagnac et de la Martinière (1881). Ce sont ces derniers explorateurs qui ont permis de séparer nettement le Rif de l'ensemble formé par l'Atlas, surtout si l'on complète leurs renseignements à l'aide de ceux que Schaudt rapporta (1880) de la région occidentale du Moyen-Atlas [1]. Il faut enfin mentionner, pour la même période, les voyages dans l'ouest du Maroc de Erckmann et Berquin (1877-83) et de Crema (1882) [2].

Il ne fut publié, de 1860 à 1883, aucune carte de nature à remplacer celle de Kiepert, et la plupart des ouvrages dont les auteurs essayèrent d'ajouter à leurs propres impressions un tableau scientifique du pays n'atteignirent pas complètement leur but [3].

[1] HOOKER et BALL : *Journal of a tour in Marocco*, in-8°, Londres, 1878. — VON FRITSCH : Reisebilder aus Marokko, *Mitth. der Ver. f. Erdk. zu Halle*, 1877, p. 111. — MARDOCHÉE-ABI-SEROUT : De Mogador au Djebel Tabayout, in-8°, Paris, 1875. — TISSOT : *Itinéraire de Tanger à Rbat*, in-8°, Paris, 1876. — DÉCUGIS, DESPORTES et FRANÇOIS, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1878. — LENZ : *Timbouctou, voyage au Maroc...*, tr. fr., 2 vol. in-8°, Paris, 1885. — COLVILLE : *A ride in petticoats and slippers*, in-8°, Londres, 1880. — DE CHAVAGNAC : De Fez à Oudjida, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1887. — DE LA MARTINIÈRE : Marocco, in-8°, Londres, 1889. — Itinéraire de Fez à Oudjida, *Bull. de Géogr. histor. et descript.*, 1895, p. 65. — SCHAUDT : Wanderungen durch Marokko, *Zeitschr. der Berl. Gesellsch. f. Erdk.*, 1883.

[2] ERCKMANN : *Le Maroc moderne*, in-8°, Paris, 1885. — CREMA : *Missione italiana de Tangeri a Marocco e Mogador*, Cosmos di Cora, 1884.

[3] PIETSCH : *Marokko*, in-8°, Leipzig, 1878. — E. DE AMICIS : *Le Maroc*, in-8°, Paris, 1882. — BONELLI : *El imperio de Marueccos*, in-8°, Madrid, 1882. — CONRING : *Marokko*, in-8°, Leipzig, 1884.

Jusqu'en 1883, aucun voyageur n'avait, en somme, réussi à prendre une vue d'ensemble de l'intérieur du Maroc; ce fut le rôle du vicomte de Foucauld. Nul n'a exécuté dans le pays de levés plus étendus et plus minutieux. La traversée de tout le système de l'Atlas, à l'ouest des routes de Caillié et de Rohlfs, jusqu'au bassin du Draa, trois itinéraires à travers l'Anti-Atlas occidental, le chemin de retour par la partie orientale du Haut-Atlas et le bassin de la Moulouïa, au milieu de régions où presque aucun autre Européen n'a mis le pied, les conditions mêmes du voyage (1883-84), la manière vraiment scientifique, en même temps que vivante, dont les résultats de tous genres en furent présentés au public, tout place cette exploration hors de pair. Elle n'a, notamment, laissé dans l'obscurité aucun problème général en ce qui regarde les rapports des trois grands ensembles de plis et de plateaux qui constituent l'Atlas, et elle abonde en aperçus de la meilleure originalité sur le climat, le régime des eaux et de la végétation [1].

Après de Foucauld, il restait relativement peu à trouver sur la géographie physique du Maroc, mais quelques-uns des voyages suivants n'en offrent pas moins une réelle importance. Jannasch (1886) et Douls (1887), dont les routes se placent toutes deux dans l'Anti-Atlas, à l'ouest de celle de Lenz, n'ont sans doute pas apporté beaucoup de nouveau, mais on n'en pourrait dire autant de Thomson (1887). On doit à ce dernier les renseignements les plus précis qui existent sur le Haut-Atlas, dont il a, non pas contemplé de loin, comme tant d'autres, les sommets neigeux, mais gravi les principales crêtes; sa relation est bien plus remarquable, comme observation critique, que celle donnée par Walter Harris (1887), pour la même région. En 1886, Duveyrier tenta de pénétrer dans le Rif, encore en grande partie inconnu; il parvint à en longer la côte, de la frontière algérienne à Mellila, mais dut s'en tenir à des conjectures sur l'intérieur du pays. Les itinéraires de Delbrel (1891-93) auraient eu, enfin, une très grande signification, si le jeune voyageur eût été mieux préparé à voir : on n'a pas l'impression, en lisant ce qui a été publié de ses odyssées d'Oudjida au Dahra marocain ou à Fez, et de Fez au Tafilet, à Maroc et à Mazagan, qu'il ait sensiblement augmenté les connaissances courantes [2].

[1] CH. DE FOUCAULD : *Reconnaissance au Maroc*, 2 vol. fol. et atlas, Paris, 1889.

[2] JANNASCH : Von Chwika über O. Draa bis Mogador, *Export*, 1886, n° 24. — DOULS : *Voyages dans le Sahara occid. et le Sud Marocain*, in-4°, Rouen, 1888. — THOMSON : *Travels in the Atlas and southern Marocco*, in-8°, Londres, 1889. — WALTER HARRIS : *The Land of an african sultan...*, in-8°, Londres, 1889. — DUVEYRIER : De Telemsan à Mellila

Il y a, en somme, beaucoup à découvrir comme détails sur le Maroc, et d'assez vastes contrées n'ont pas encore été parcourues, ainsi qu'on a tâché de le faire ressortir dans la carte de la figure 1. Mais, depuis les voyages de de Foucauld et de Thomson, livres d'ensemble et cartes offrent beaucoup plus de garantie [1].

II. — Vue générale du relief du sol.

On a été longtemps avant de distinguer les divers éléments du système montagneux du Maroc, et de saisir leurs rapports avec le relief de l'Algérie. L'ensemble des chaînes et des plateaux bossués qui couvrent le pays presque entier, entre les flots méditerranéens et les étendues de sables de l'Erg occidental, offre pourtant une grande originalité.

Le Dr Lenz et M. de Foucauld ont le plus fait pour établir la conception scientifique actuelle [1], celle que rendent visible les dernières cartes, et que M. Schnell a fixée avec un grand luxe de détails et de discussions par son livre sur l'Atlas Marocain [2]. D'après les relations de voyages, on peut grouper de la façon suivante les formes du terrain au Maroc (fig. 3) :

A l'ouest de la Moulouïa inférieure, jusqu'à l'Atlantique, un premier faisceau de chaînes, très mal connues, le Rif, est la suite de l'Atlas Méditerranéen d'Algérie ; il finit vers le sud, à la

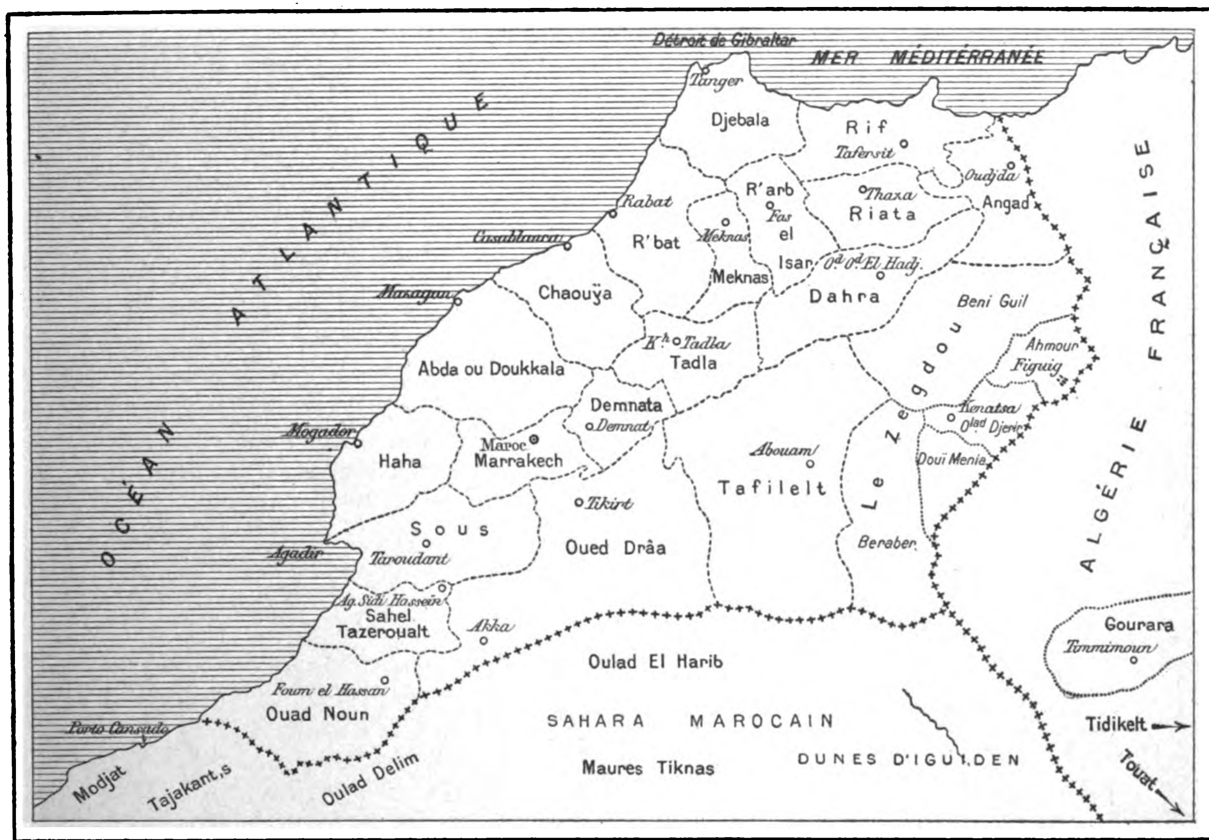


Fig. 2. — *Les provinces marocaines.*

en 1889, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1893. — *La dernière partie inconnue du littoral de la Méditerranée*, in-8°, Paris, 1888. — Delbrel : Notes sur le Tafilet, *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1894. Comme bonnes descriptions du chemin des ambassades, voir, en outre : G. Charmes : Une ambassade au Maroc, *Rev. des Deux Mondes*, 1886. — Loti : *Au Maroc*, 30e édit., in-12°, Paris, 1899.

[1] de Campou : *Un empire qui croule*, in-18°, Paris, 1886. — Frisch : *Le Maroc, géographie...*, in-18°, Paris, 1895. — M. Mouliéras a tenté, d'une façon très originale, de se servir des informations d'indigènes pour reconstituer la géographie des parties inconnues du Maroc voisines de l'Algérie : *Le Maroc inconnu*, in-8°, Paris, 1895.

Comme cartes, v. : Lannoy de Bissy, ff. 3 et 4 de la *Carte d'Afrique* à 1/2.000.000 (1887). — Habenicht, f. I de la « *Spezialkarte von Afrika* », 1892 (2e édit.). — Schnell : Carte de l'Atlas Marocain jointe à son livre « Das Marokkanische Atlasgebirge » (trad. fr. par A. Bernard, in-8°, Paris, 1898). — Surtout, R. de Flotte de Roquevaire : Carte du Maroc à 1/1.000.000, Paris, 1897.

Voyez aussi : Th. Fischer : Ergebnisse einer Reise im Atlasvorland von Marokko. *Peterm. Mittheil. Erg.*, n° 133 (1900). G. Delbrel : De Fez à l'Oranie, à travers le pays des Ghiata. *La Géographie*, 15 sept. 1900.

[1] Lenz : *Loc. cit.*, t. I. pp. 316, 317; de Foucauld : *Loc. cit.*, pp. 27, 28 (note), 97, 102.

[2] Schnell : *Das marokkanische Atlasgebirge*; trad. fr. (par A. Bernard), in-8°, Paris, 1898.

vallée longitudinale de l'oued Innaouen et de l'oued Sebou, élargie pour former, près de l'Océan, la basse plaine du Gharb.

Au sud de cette démarcation, trois groupes de chaînes, d'une direction générale sud-ouest et nord-est, parfois directement soudés l'un à l'autre, la plupart du temps réunis par des plateaux ou de hautes vallées longitudinales, se succèdent jusqu'au Draa et au Tafilet, sans autre solution de continuité que la plaine allongée du Sous, au sud du cap Guir. M. Schnell a proposé pour ces chaînes les noms de Moyen-Atlas, Haut-Atlas (Grand-Atlas de de Foucauld) et Anti-Atlas (Petit-Atlas de de Foucauld[1]). Dès l'oued Ziz, l'Anti-Atlas disparaît, pendant qu'au nord de la région encore tourmentée de Kenatsa et de Figuig, le Haut-Atlas s'effrange entre les cuvettes des chotts Gharbi et Tigri, jusqu'à dégager entièrement l'entrée des Hauts-Plateaux algériens. Entre l'oued Innaouen et l'oued Za, les ridements du Moyen-Atlas se recourbent vers les chaînes septentrionales de l'Algérie.

Ce qu'on peut dire encore de général, c'est qu'au point de vue des formations géologiques, la succession des roches dans le Rif est inverse de celle des systèmes de l'Atlas : au sud de l'oued Innaouen, les terrains anciens sont rejetés vers le Sahara, au bord duquel ils constituent, à eux seuls, les chaînes et les amas montagneux, tandis qu'ils forment les pentes abruptes du Rîf du côté de la Méditerranée[1].

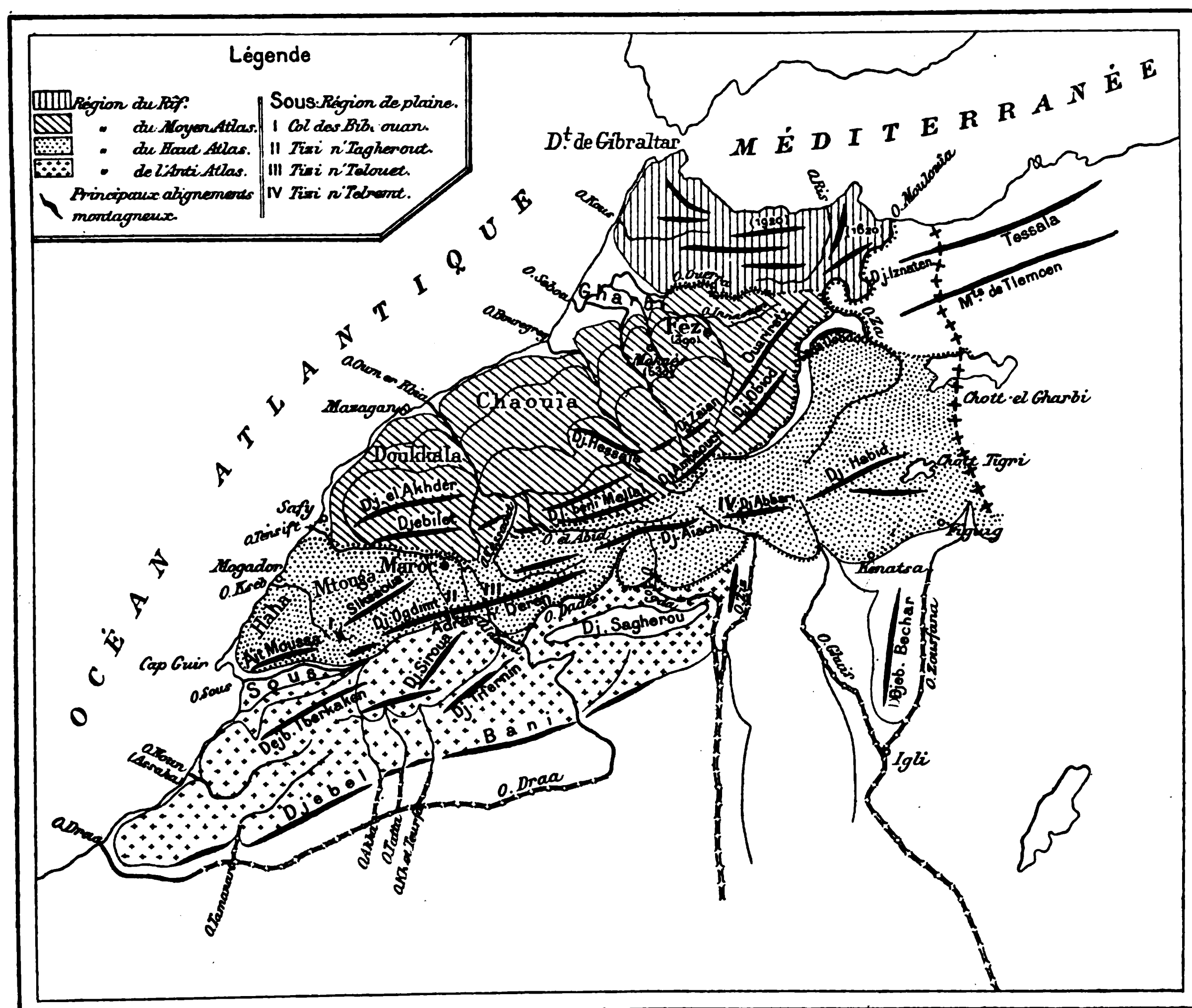


Fig. 3. — *Schéma de l'orographie marocaine.*

La cohésion du Rîf avec la Cordillère Bétique paraît avoir existé jusqu'à une époque récente (tertiaire). L'allure des plis montagneux, la forme de la

[1] SCHNELL : *loc. cit.*, p. 48-50.

[1] ROHLFS : *Reise durch Marokko*, p. 37-40. V. aussi LENZ : Carte géologique de l'Afrique occidentale, *Pet. Mitth.*, 1882, I ; Carte géologique de la région occid. du Haut Atlas, dans l'ouv. cit. de THOMSON ; BLANCKENHORN : Das Nordafrikanische Atlasgebirge, *Pet. Mitth. Ergänzh.*, n° 90.

coupure du détroit de Gibraltar (fig. 4), la disposition des terrains, dans lesquels les quartz, les schistes et les calcaires primaires du littoral dominent les craies de l'intérieur, la constatation (par Duveyrier, par exemple [1]) de phénomènes volcaniques actuels, tout montre que cette première région a une histoire commune avec le midi de l'Espagne. Elle diffère véritablement, à ce point de vue tout au moins, du reste du Maroc, dont la séparent d'ailleurs, non seulement la dépression indiquée, mais encore son propre rebord méridional, facile à suivre même entre l'oued Innaouen et la Moulouïa [2]. Pas d'altitudes excessives : les hauteurs qui accompagnent, de Tanger à Fez, le chemin des ambassades ne culminent pas à plus de 530 mètres, et les meilleures cartes n'indiquent pas, pour la région au nord de Fez, dans laquelle les rides sont le



Fig. 4. — *Détroit de Gibraltar.*

plus prononcées, plus de 1.920 mètres [3]. Mais tout le massif a un aspect dur et heurté, derrière l'infranchissable barrière d'un rivage à pic, sur lequel les Européens n'ont fait que poser le pied. Les plaines mamelonnées de Meknès et de Fez, la basse nappe de limons gris du Gharb, qui leur fait suite à l'ouest avec ses très riches cultures de froment et ses immenses marécages, sont vraiment un autre pays [4], fermé lui aussi du côté de l'Océan par l'épais bourrelet de dunes, qui contiennent les eaux de la Merdjah de Ras-ed-Doura.

Au sud du Gharb commencent, dès les bords de l'Océan, les terrasses étagées et inclinées vers le nord-ouest, qui servent de support aux chaînes du Moyen-Atlas. Le fossé de l'oued Tensift sépare assez nettement chaînes et terrasses des massifs terminaux du Haut-Atlas. Mais, au nord-est du Maroc, la démarcation entre les deux groupes montagneux n'existe véritablement qu'à partir des sources de la Moulouïa, si bien que les crêtes les plus élevées du Moyen-Atlas peuvent être regardées comme de simples avant-rides de la grande dorsale marocaine [1]. Parcourus en tous sens et très souvent décrits, les larges et monotones gradins occidentaux de ce système, avec leurs collines calcaires en « dos de chameau », et leur tapis dénudé d'alluvions, ne se prêtent pas à la création de centres géographiques aussi originaux que le Gharb. Ils communiquent même assez mal avec l'Atlantique, par des rades trop ouvertes et des plages étranglées que surplombent leurs falaises aux vives arêtes. A leur surface se creusent les premières gorges et apparaissent vers l'est les premières rides, dès Fez, Meknès et la partie méridionale des pays de Chaouïa et de Doukkala [2]. Bientôt les chaînes culminent à près de 3.000 mètres, hachées de ravins inaccessibles, par où la ramure de l'Oum-er-Rbia pénètre jusqu'au cœur du Haut-Atlas. Elles se dressent autour de noyaux de schistes, de grès anciens avec gisements minéraux (Djebel beni Mellal [3]), et même de granits vers la haute Moulouïa.

Du cap Guir jusqu'à l'entrée des Hauts-Plateaux d'Algérie, resserrées d'abord entre les deux systèmes secondaires marocains, puis surplombant le bassin de la haute Moulouïa et les solitudes pierreuses du grand désert, s'allongent les arêtes rectilignes du Haut-Atlas (fig. 5), presque toujours abruptes et rocheuses [4]. Il comprend les massifs des Mtouga et des Haha, dont le pied plonge dans l'Océan entre Mogador et le Sous, et qui se résolvent en vallées cultivées découpant des plateaux arides [5]. Tous les voyageurs ont été frappés, en ce qui concerne le Haut-Atlas, de sa régularité d'allures, telle qu'il ne s'y rencontre que trois ou quatre passages vraiment fréquentés, de sa dénudation extrême (fig. 6), jusqu'au voisinage des parties arrosées, enfin de la grande complexité des terrains qui le composent, et qui valent à ses versants une richesse de coloris particulière.

Dans la partie occidentale, jusque vers le Tizi n'Telouet, dominent des roches paléozoïques, schistes bleuâtres, grès d'un rouge vif [6], des

[1] *Le Rif*, la dernière partie inconnue du littoral méditerranéen, 8°, Paris, 1888, p. 14.
[2] DE CHAVAGNAC : *loc. cit.*, p. 270.
[3] LENZ : *loc. cit.*, t. I, p. 134. DUVEYRIER donne, comme point culminant du Rif, le Djebel beni Hassan, 2.201 m. (*Le Rif*, p. 14.)
[4] LENZ : *loc. cit.*, p. 210 ; DÉCUGIS : *loc. cit.*, p. 259.

[1] DE FOUCAULD indique comme point de soudure du Moyen et du Haut-Atlas un affluent de l'oued el Tessaout (*loc. cit.*, p. 76) ; SCHNELL, l'oued el Abid (*loc. cit.*, p. 52-53).
[2] DE FOUCAULD (*loc. cit.*, p. 45, 46) et LENZ (*loc. cit.*, p. 180) décrivent ces premiers accidents.
[3] D'après DE FOUCAULD, le Djebel beni Mellal renferme du fer, du cuivre et de l'argent.
[4] DE FOUCAULD : *loc. cit.*, p. 84, 85, 233.
[5] SCHNELL : *loc. cit.*, p. 87 ; DE FOUCAULD : *loc. cit.*, p. 185-186.
[6] LENZ : *loc. cit.*, t. I, p. 299, 317. Ces montagnes contiendraient du cuivre et du fer.

quartzites et des formations volcaniques, au milieu des calcaires et des grès plus récemment plissés. De là cette succession si remarquable, au sud de Maroc surtout, de cols profondément entaillés, surmontés par des sommets en murailles crénelées[1]. Plus à l'est, on ne rencontre guère que des calcaires et des grès, tranchant sur des argiles rouges : l'altitude est moindre, mais les cordons montagneux sont plus réguliers de dessin, quoique toujours sabrés par des gorges dont beaucoup, cluses presque rectilignes, figurent de véritables portes ouvrant sur le désert[2].



Fig. 5. — *Le Haut-Atlas, vu d'Aghmât : la gorge d'Ourika, d'où sort l'oued Aghmât.* (Cliché de M. Doutté.)

Nul n'a mieux rendu que le vicomte de Foucauld l'aspect confus et désolé du Haut-Atlas : « Près du Tizi n'Telremt, tout est nu, tout est roc; pas un grain de sable, ni une motte de terre, rien que de longues côtes jaunes, et des croupes d'un rouge sombre se succédant à l'infini[1]. » A l'est de la coupure de l'oued Ghuir, les chaînes du Haut-Atlas s'émiettent, la direction générale ne se conserve plus que dans le Djebel Habid (montagne de fer), puis on entre, autour du chott Tigri, dans une zone de plateaux disloqués, dont les dépressions sont occupées par de nombreuses « daïas »; le Rekkam et le Gada Debdou ne sont que les rebords de cette région autour du bassin intérieur des oueds Moulouïa et Za.

Plusieurs des crêtes du Haut-Atlas ont des sommets de 3.000 mètres et au-dessus (fig. 7); les plus importants, ceux qui dressent au sud du Maroc leurs cimes neigeuses et leurs roches striées par les anciens glaciers, ont été gravis et mesurés par Thomson, qui a rectifié les évaluations antérieures[2]. C'est dans cette région, non vers le Djebel Aïachi, que se trouvent les plus compacts soulèvements : le Djebel Ogdimt (3.883^{m}), le Tizi Likoumpt (4.010^{m}). L'Adrar n'Deren, qui fait suite à l'est, s'élève à plus de 3.500 mètres, comme le Miltzin et les Glaouï (3.000^{m}). Mais le Djebel Aïachi ne monterait, d'après Rohlfs, qu'à 3.500 mètres et le Djebel Habid à 2.000 environ.



Fig. 6. — *A 2.500 mètres dans le Haut-Atlas, près de Tizi n'Miri, le brouillard envahissant les sommets.* (Cliché de M. Doutté.)

[1] Les cols mènent, au sud de l'arête principale, à des tableaux d'un grès spécial, dont la surface, qui semble calcinée, est noire et luisante comme si elle avait été passée au goudron..., croûte de petites pierres noires et brillantes, sortes d'écailles qui couvrent la terre et s'étendent tantôt sur des apparences d'escaliers aux degrés noirs et craquelés, tantôt en longues tables unies (DE FOUCAULD : *loc. cit.*, p. 103). V. aussi les descriptions données par LENZ (*loc. cit.*, p. 251, 255) et par THOMSON (*loc. cit.*, p. 241, 244, etc.)

[2] DE FOUCAULD : description du Djebel Abbari, *loc. cit.*, p. 229, 233.

[1] DE FOUCAULD, p. 84, 85.

[2] THOMSON : *loc. cit.*, p. 214-244, 329, 458; HOOKER et BALL : *loc. cit.*, p. 199.

La plupart des cols, qu'utilisent des sentiers à peine frayés, sont aussi élevés que ceux des Alpes. Quatre d'entre eux ont une importance exceptionnelle pour le commerce des principales régions du Maroc entre elles ou avec le Sahara : ceux des Bibaouan (1.200m) et de Tizi n'Tagherout, chemins de Maroc au Sous; le Tizi n'Telouet (2.630m), par lequel on passe de l'oued Rbat (dernier bras oriental de l'oued Tensift) à l'oued Idermi, au Draa et à Tendouf; le Tizi n'Telremt, route de Meknès et de Fez au Tafilet et au Sahara [1]. C'est grâce à ces seules portes que le sud du Maroc a quelque communauté de vie avec les plateaux du nord et leurs grandes villes en ruines.

Abritée et comme dissimulée au sud des escarpements occidentaux du Haut-Atlas, l'étroite plaine du Sous, allongée en ruban le long de l'Oued jusque dans l'intérieur des montagnes, interrompt nettement les chaînes du Maroc. La platitude uniforme du pays, son sol absolument dépourvu de pierres, rappellent l'aspect du Gharb, avec cette particularité que le terrain est ici, en général, d'un fin sable rose, supportant une végétation bien différente de dattiers et d'arganiers. C'est une des régions naturelles les mieux caractérisées du Magreb occidental, moins un centre étendu de cultures qu'une bande de vergers, très peuplée et très passante, dont l'intérêt est bien connu depuis le premier voyage de Rohlfs.



Fig. 7. — *Au-dessus de 3.000 mètres dans le Haut-Atlas : le col de Tizi n'Miri.* (Cliché de M. Doutté.)

A l'est du Sous, un plateau portant des chaînes presque inexplorées, et que domine le Djebel Siroua, soude littéralement entre eux le Haut et l'Anti-Atlas, rapprochant ainsi, sans solution de continuité, le dernier groupe méridional des chaînes marocaines des deux autres.

L'Anti-Atlas ne dépasse guère vers l'est le Tafilet : entre l'oued Ziz et l'oued Ghuir commencent les terrasses monotones qui penchent vers le Sahara et le long desquelles les larges vallées à oasis ménagent un accès facile dans le Haut-Atlas. De Foucauld, qui a traversé l'Anti-Atlas en tous sens, entre les itinéraires de Lenz et de Rohlfs, insiste sur son caractère de plateau accidenté, que rayent des arêtes de roches nues, étroites et isolées les unes des autres [1]. Au sud du Sous, les arêtes sont nombreuses, d'altitude médiocre (1.200m à 1.500m), de dessin peu arrêté, et l'on voit dominer les granits, les schistes et les marbres ; les gisements minéraux paraissent assez riches en or, plomb, cuivre, antimoine, argent [2]. Puis, les croupes se font plus rares, plus allongées autour des hautes plaines qu'elles enserrent. Des couloirs, larges parfois de quelques pas à peine, de vraies portes (khenegs), les coupent brusquement, dont la plus remarquable est celle que franchit l'oued Draa, à l'est du Djebel Tifernin Le Djebel Sagherou n'est qu'un large dos de pays, un haut plateau pierreux avec des champs d'alfa [3].

Au delà de l'oued Ziz, commence, au sortir des sables fins du Tafilet, la hamada. Rohlfs l'a traversée entre Abouam et Igli, et décrite dans les mêmes termes que celles du Sahara ; on y voit dominer les grès noirs dévoniens, qui donnent au désert son aspect si particulier [4].

L'Anti-Atlas s'incline au sud vers une dépression sablonneuse, parfaitement plate et déserte, qui s'allonge au nord du Draa, élargie au partage des rivières, resserrée parfois au point de disparaître [5]: c'est la Feija. Puis s'élève brusquement au-dessus du sol, comme une barrière entre le Maroc et le

[1] Route suivie par René Caillié, de Foucauld, Rohlfs, Delbrel.

[1] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 207, 208.

[2] Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt*, p. 435 : nicht Gebirgszweig, sondern ein zerrissenes Gebirg. Doels : *loc. cit.*, p. 470.

[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 213.

[4] Rohlfs : *Reise durch Marokko*, p. 68 ; René Caillié : *loc. cit.*, t. III, p. 58, 64, 93.

[5] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 115.

fossé saharien du Draa, le Djebel Bani, formé de grès calcinés, d'un noir luisant et sans végétation. De Foucauld compare ce bourrelet méridional de l'Anti-Atlas à une « lame rocheuse » ; il n'a que 2 kilomètres au plus de large à la base, et surmonte de 200 à 500 mètres le relief du sol environnant. Des « khenegs » le divisent, pareils à d'étroites entailles, à l'entrée septentrionale desquels les oueds se réunissent. Par leur ouverture, le voyageur aperçoit dans l'air serein, au delà des rideaux de palmiers, la plaine du Sahara, blanche et brune à perte de vue, avec le talus bleuâtre du Draa qui la barre à l'horizon [1].

III. — Aperçu des conditions climatériques.

L'extrême rareté des observations météorologiques faites au Maroc, le vague de beaucoup d'entre elles, empêchent de se faire une idée suffisamment précise du climat; et il va sans dire que la complexité du relief du sol augmente cette difficulté [2]. Il semble pourtant hors de doute qu'en dehors du littoral riffain, la Méditerranée n'étend guère son influence, et que les trois principaux facteurs des vents, des précipitations et de la température sont la montagne, l'océan et le désert. Lenz indique, par exemple, avec netteté que, même pour les régions situées au nord-ouest de l'Atlas (Fez et Meknès), c'est par les vents venus de l'Atlantique et des hautes chaînes qu'il faut expliquer la modération de la température et la salubrité de l'air [3]. Rien donc dans les conditions climatériques générales qui fasse songer au Magreb oriental. Malgré l'analogie d'exposition, la Tunisie offre des caractères plus simples et tout différents; l'action d'une mer fermée y combat celle du désert, et ce dernier l'emporterait jusque dans le nord s'il ne rencontrait la barrière de chaînes basses, qui n'ont par elles-mêmes qu'un rôle assez atténué.

Un fait capital est la prédominance des courants d'air partis de la montagne. Il suffit de feuilleter les relations de Rohlfs, de Lenz et de de Foucauld, pour voir combien leur importance est grande au sud de l'arête principale de l'Atlas. Frais et relativement secs, ils absorbent toute l'humidité de l'atmosphère à la surface des plateaux intérieurs et contribuent puissamment à l'aridité de presque tout l'Anti-Atlas et du Bani, à l'épuisement des oueds méridionaux; par tous les khenegs, à travers les étendues sans obstacles voisines du Tafilet et de Figuig, ils pénètrent jusque dans le désert. Les

[1] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 138, 117, 119.
[2] Nous croyons qu'une carte climatérique du Maroc ne peut être encore dressée.
[3] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 373, 379.

courants chauds venus du sud paraissent, au contraire, très rares; et les grandes différences de pression barométrique, inévitables entre l'Atlas et le Sahara, suffisent à rendre compte d'un tel phénomène.

Pour le nord de l'Atlas, on a les observations précises faites à Mogador par M. Beaumier, de 1870 à 1874 : les courants d'air du nord-est et de l'est soufflent plus de quinze jours par mois, d'octobre à janvier, et plus de dix-sept à vingt-huit jours, de mai à septembre [1]. Pendant l'automne, l'hiver et le printemps, surtout aux deux équinoxes, on constate des vents d'ouest et de sud-ouest à Mogador, dans le Sous et à Fez [2]; mais ils s'élèvent au plus durant quatre jours par mois. Il serait aisé de noter, dans presque tous les récits de voyages, des détails de tout genre venant à l'appui de ces faits; l'affirmation de Rohlfs, d'après laquelle les souffles de nord-ouest sont permanents d'octobre à février [3], ne s'applique qu'à la partie occidentale du Rif. A peine est-il besoin d'indiquer combien cette fréquence des vents des hauteurs a de signification au Maroc; n'y pourrait-on pas chercher la principale explication de l'aridité de quelques-uns des massifs ou des terrasses les mieux exposés dans le voisinage de l'Atlantique?

Même hors des régions méditerranéennes du Rîf septentrional, de la Moulouïa inférieure et du Tell Marocain, les pluies ne sont dans le pays que des averses de saison froide, de plus en plus rares et irrégulières du nord-ouest au sud-est, presque toujours extrêmement violentes, et qui peuvent se transformer sur les hautes montagnes en chutes de neige abondantes. Rohlfs signale très expressément qu'au nord-ouest du Maroc les précipitations durent d'octobre à février, et qu'au sud, janvier est, avec la première moitié de février, le mois le plus humide. Vers le confluent de l'oued Tatta et du Draa, il pleuvrait, en moyenne, une fois tous les sept ans; au Tafilet, plus enfoncé dans la montagne, une ou deux fois par an ; au sud d'Igli, parmi les dunes et les hamadas qui font cortège à l'oued Saoura, seulement tous les vingt ans [4].

Mais ces indications générales, évidentes par elles-mêmes en ce qui concerne les parties du Maroc comprises entre le Sahara et l'Atlas, doivent être précisées pour tout le reste de la contrée.

Le Tell marocain, ainsi que le Rîf septentrional et intérieur, offrent (suppose-t-on) les conditions de

[1] Beaumier, cité par Fischer, *Peterm. Mitth. Ergänzh*, n° 58, p. 63.
[2] *Ibid.*; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 325, 343; Desportes et François : *loc. cit.*, p. 225.
[3] Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt*, p. 50, 51 ; Douls (*loc. cit.*, p. 475) dit que le vent de nord-est domine pendant huit mois au cap Bojador.
[4] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 141.

l'Algérie. Au nord de Meknès et de Fez, le long de la route que suivent les ambassades parties de Tanger, par Ksar-el-Kebir, les brouillards, les longues et diluviennes ondées se continuent jusqu'en avril, et il y aurait même des pluies de tempête en mai au nord du Moyen-Atlas[1]. Ces puissantes averses ont été souvent décrites : il pleut à torrents d'un ciel tout noir, et le vent « hurle sur les broussailles, en cinglant les oreilles[2] ». Alors les oueds deviennent presque infranchissables, les plantes foisonnent, les rues des antiques Ksars se transforment en bourbiers; toutes les terrasses septentrionales de l'Atlas, jusqu'à Safy, sont couvertes par le brouillard. A Mogador, M. Beaumier a établi, par des observations et des mesures faites de 1866 à 1874, que, de novembre à mars, il pleut plus de cinq jours par mois; en décembre, les chutes d'eau s'élèvent à 108 millimètres[3]. Dans le Sous ont lieu, de décembre à février, des pluies violentes, quoique très irrégulières[4]. Enfin, dans la région de l'Anti-Atlas drainée par l'oued Draa et ses affluents, les premières ondées peuvent se produire en novembre, et il y a, jusque dans la vallée même, des averses de printemps, qui en changent totalement l'aspect[5].

L'œuvre de déboisement, générale au Maroc, contribue à rendre les pluies de saison froide irrégulières On ne saurait dire du pays au nord de l'Atlas, malgré sa situation maritime, qu'il est vraiment humide, et la sécheresse ne s'y produit pas non plus selon des lois fixes : « La quantité moyenne des pluies, qui donne l'abondance partout, est aussi rare que la grande sécheresse, qui cause la disette; on ne voit l'une ou l'autre que tous les dix on quinze ans[6] ».

Mais les abondantes chutes d'eau ont pour résultat d'accumuler sur les points les plus élevés ou les mieux exposés de la montagne des réserves de neiges, que le soleil d'été ne parvient quelquefois pas à fondre entièrement. Le Rîf lui-même n'est pas exempt de neige : Décugis en a vu près de Tétouan en mars, et, selon Duveyrier, elle pourrait encore tomber en avril sur ces hauteurs[7]. Dans les nombreux croquis qui illustrent la « Reconnaissance au Maroc », de Foucauld montre les crêtes du Moyen-Atlas couvertes par places d'une épaisse nappe blanche, en juin, juillet et août. Tous les voyageurs qui ont vu l'Adrar n' Deren durant les mois chauds y ont rencontré de la neige; et aucun

[1] Rohlfs : *Reise durch Marokko*, p. 5, 26.
[2] Loti : *loc. cit.*, p. 42, 43; Charmes : *Rev. des Deux-Mondes*, 1886, p. 852.
[3] Beaumier, cit. par Fischer : *loc. cit.*, p. 57.
[4] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 216.
[5] De Foucauld : *loc. cit*, p. 148; Douls : *loc. cit.*, p. 475.
[6] Rohlfs : *Mein erster...*, p. 45, 46.
[7] Décugis : *loc. cit.*, p. 259; Duveyrier : *le Rîf*, p. 14, 15.

endroit du Haut-Atlas, entre les Bibaouan et le Djebel-Aïachi, ne serait un an sans en recevoir[1]. Sur l'Anti-Atlas, elle s'amasse au Djebel-Azrar et au Djebel-Sagherou encore en mars[2]. Certains explorateurs parlent même de neiges perpétuelles pour le Djebel-Siroua et le Djebel-Obiod[3]. C'est un des étonnements de tous les nouveau-venus au Maroc, de voir se dresser, à l'horizon des plateaux calcinés, découpées durement dans l'azur foncé du ciel africain, des traînées de sommets largement tachés de blanc. Beaucoup se sont émerveillés de voir la neige séjourner à moins de 3.000 mètres sous cette latitude, et l'on s'est demandé s'il n'existait pas de glaciers. Il est probable que la neige, dont la chute, même en saison chaude, s'explique par des troubles atmosphériques violents sur les sommets, ne persiste pas ordinairement d'une année à l'autre au même endroit; mais on conçoit très bien que, quand les conditions demeurent favorables, il peut s'en conserver des traces qui seraient comme le début d'un glacier[4].

Tout ce qu'on peut écrire sur les moyennes de température au Maroc ne sort guère du domaine de l'hypothèse, car on ne possède d'observations suffisamment prolongées et rigoureuses que celles faites par M. Beaumier à Mogador (1866 à 1874)[5]. Les relations de voyage renferment, il est vrai, quelques indications intéressantes, mais trop restreintes, et presque sans lien entre elles. De ces quelques documents, on peut conclure que la température, assez constante dans les villes du littoral, se ressent très vite, quand on pénètre à l'intérieur, de la proximité de la montagne, puis du désert tropical. Les moyennes extrêmes mensuelles établies par Beaumier pour Mogador sont de + 16°,4C. (janvier) et + 22° (juillet)[6]; mais les écarts y dépassent déjà, pour un mois quelconque, ce qu'on attendrait de la situation : en février, par exemple, on a noté + 7°,3 et + 18°,3[7]. Nous avons réuni dans le tableau I les oscillations les plus caractéristiques, sans distinction de saison ni d'altitude[8].

Ces différences ne dépassent guère celles qu'on est habitué à voir dans les pays de la Méditerranée occidentale. Le Maroc ne saurait donc, à coup sûr, compter parmi les contrées de climat continental extrême;

[1] Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 224; de Foucauld : *loc. cit.*, p. 99, 233.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 189, 224.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 96; de Chavagnac : *loc. cit.*, p. 297.
[4] Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 259-269.
[5] V. aussi : Th. Fischer, Studien über das Klima von Marokko, *Zeitschr. der Gesells. für Erdkunde zu Berlin*, 1901.
[6] Beaumier, cité par Fischer : *loc. cit.*, p. 48.
[7] De Foucauld : observations météorologiques.
[8] *Id.* Pour Fez (avril), Desportes et François : *loc. cit.*, p. 225. Pour Maroc, Beaumier : *Itinér. de Mogador à Maroc*, p. 13, 14.

mais il est loin, pourtant, de pouvoir passer pour tempéré[1]. Les changements y sont, en tout cas, brusques et fréquents, même en été, comme en témoignent les amas de neige sur la montagne dans cette saison. Les plaines méridionales annoncent déjà le désert, avec lequel le Tafilet fait pour ainsi dire corps. Lenz a noté dans le Sous + 25°C. à l'ombre en janvier, après des nuits très fraîches[2]; au Tafilet, Rohlfs a eu en juin de + 32°C. à + 40° à l'ombre, et + 52° au soleil[3].

Ce même voyageur qui a, comme l'on sait, parcouru tout le nord de l'Afrique, dit qu'il n'y a nulle part trouvé de climat plus sain qu'au Maroc[4]. Les régions naturellement habitables pour les Européens y sont, en effet, plus nombreuses et plus vastes qu'en Algérie même; toute la partie au nord-ouest de l'Atlas a une température plus basse que ne le comporte la latitude[5]. Doit-on attribuer

Tableau I. — *Températures extrêmes observées au Maroc.*

LIEU d'observation	MOIS	TEMPÉRATURE minima	TEMPÉRATURE maxima
Route de Ksar-el-Kébir à Fez . .	Juillet.	+ 18° C.	+ 35° C.
Fez	—	+ 18° (avril + 13°)	+ 39° (avril + 20°)
Meknès	Août.	+ 16°	+ 33°
Demnat	Octobre.	+ 7°,5	+ 21°
Maroc	Février.	+ 10°	+ 21°
Tikirt	Octobre.	+ 7°,5	+ 24°,2
Tazenacht	Novembre.	+ 5°,5	+ 13°

ces avantages, peut-être moins nets qu'on ne le dit, à la montagne ou à la mer? Jusqu'à quelle latitude l'action du désert se fait-elle, d'autre part, sentir? A la suite de Lenz, M. Schnell[6] semble considérer le Haut-Atlas, presque entier, comme formant une limite climatérique. Mais le Sous et la portion occidentale de l'Anti-Atlas ne participent nullement au régime saharien, pendant qu'au nord du Djebel Aïachi, presque tout le bassin de la haute Moulouïa, ainsi que le plateau dont le Rekkam et le Gada-Debdou constituent les rebords, sont de purs déserts[7]. C'est au régime des rivières et à la végétation naturelle qu'il faut s'adresser, en l'état des connaissances, pour atteindre des notions plus près de la réalité.

[1] Ecart à Tétouan, fin juin : + 13° à + 32° (de Foucauld : obs. météor.). Ecart à Fez, janvier : — 2° à + 20°.
[2] Lenz : *loc. cit.*, t. I. p. 216.
[3] Rohlfs : *Reise durch Marokko;* p. 46.
[4] Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt*, p. 49.
[5] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 374.
[6] Schnell : *loc. cit.*, p. 48, 50.
[7] Th. Fischer : Die Klimate von Marokko, *Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde*, Berlin, 1900, n° 6.

IV. — Les cours d'eau du Maroc.

L'alimentation des cours d'eau du Maroc a lieu surtout dans la saison froide. Les pluies qui tombent durant cette période de l'année font beaucoup plus pour grossir les rivières permanentes, sur un sol généralement incliné et déboisé, que ne le peut la fonte des neiges amassées dans les hautes chaînes. C'est, de même, en hiver ou au printemps que le versant saharien de l'Atlas recueille quelques averses, qui s'étendent parfois jusqu'au large fossé de l'oued Draa. La neige qui couvre la montagne une grande partie de l'année[1] empêche seulement les oueds, dont les bras se ramifient jusque dans l'intérieur du pays, de baisser autant pendant l'été que ceux de l'Algérie.

Il faut, d'ailleurs, tenir le plus grand compte, pour expliquer le régime des cours d'eau, non seulement de l'aridité et de la nudité extrêmes de la plupart des versants, mais encore du fait signalé avec insistance par les voyageurs, que, dans une multitude de hautes vallées, l'eau de ruissellement ou de fonte est captée sur place pour l'irrigation, et sert à créer, très loin du désert, de véritables oasis au milieu des rochers[2]. De Foucauld parle, par exemple, de toute une série de sources vauclusiennes, situées sur les flancs nord du Djebel beni Mellal, dont pas une goutte n'arrive à l'Oum-er-Rbia[3]. De là vient que, malgré les pluies et la neige, on trouve bien des lits à sec pendant les mois chauds, même sans pénétrer jusque dans l'extrême sud, où les oueds demeurent quelquefois plusieurs années sans humidité[4].

Aucun fleuve marocain, sauf peut-être la Moulouïa inférieure et le Sebou, ne paraît, en somme, devoir se prêter un jour à la navigation; mais tous, ou presque tous peuvent devenir les facteurs d'une importante transformation agricole.

Quoique son cours finisse en Méditerranée, la Moulouïa (fig. 8) ne rappelle déjà plus tout à fait le Chéliff. Formée dans la haute montagne, et grossie de longs affluents, elle atteindrait, en hiver, un débit de 800 mètres cubes à sa partie inférieure[5], et de Foucauld, qui l'a vue dans cette saison, au nord du Haut-Atlas, décrit son large courant jaune, de plus de 1m,40 de profondeur[6]. En été, le module baisse beaucoup : sur la route de Fez à Oudjida, il n'est plus, en septembre, que de 20 mètres cubes, et, vers l'embouchure, le courant n'étale guère sa tranche de 1 mètre de profondeur que sur 40 mètres[7].

[1] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 313.
[2] *Ibid.*, p. 235, 378.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 59, 65.
[4] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 108.
[5] Frisch : *loc. cit.*, p. 30.
[6] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 175.
[7] Duveyrier : *Itinér. de Telemsam à Melilla*, p. 197.

Les oueds Loukkos (fig. 9), Sebou, Bou Regreg, Oum-er-Rbia et Tensift appartiennent, à quelques particularités près, à un même type de rivières permanentes : hautes berges presque à pic, taillées dans la terre argileuse des plateaux; large lit de sable, souvent découvert en partie et boisé; crues de sai-

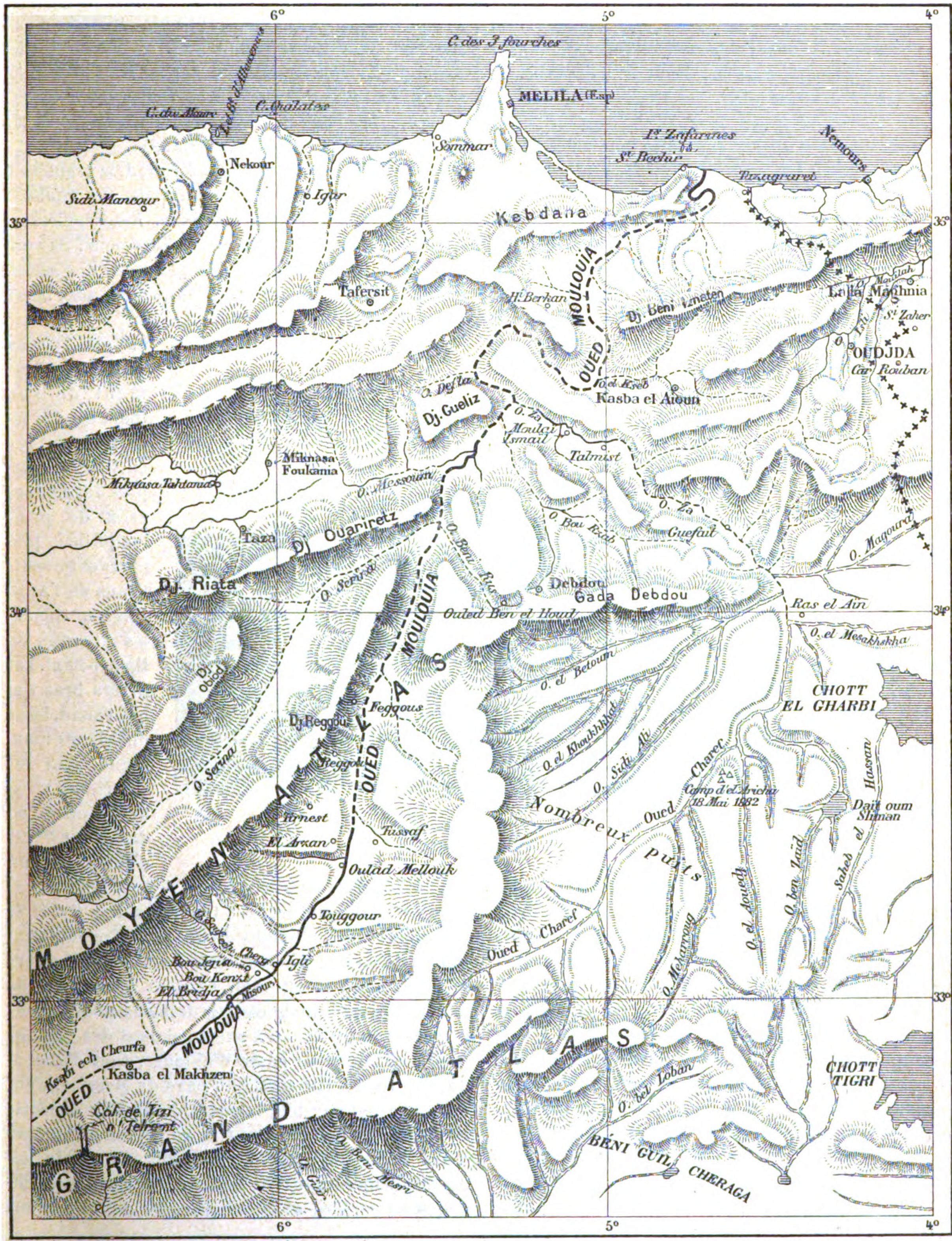


Fig. 8. — *Cours de la Moulouïa.*

son froide, donnant un flot boueux et profond, d'une extrême violence[1] pour tous, barre d'embouchure infranchissable aux gros bateaux. En été, le Sebou, l'Oum-er-Rbia et le Tensift gardent, sur un tiers au moins de leur largeur, une épaisseur d'eau assez considérable. De Foucauld a vu, en juillet, le Sebou rouler, sur 35 mètres de large, 80 centimètres d'un flot rapide et jaune[2], pendant que ses affluents demeuraient abondants, quoique clairs[3]. On a évalué le débit de ce fleuve à 40 mètres cubes au plus bas, et 400 au maximum[4]. M. Tissot et le docteur Lenz le donnent comme navigable, et l'on ajoute qu'il le deviendrait même jusqu'à Fez, moyennant quelques travaux[5]. Sans adopter cette opinion, nous croyons certain que le flot serait sensiblement relevé vers l'embouchure par la suppression des marécages (merdjah) dans lesquels il se perd, et dont l'un, celui de Ras-ed-Doura, est une immense lagune accaparant plusieurs tributaires[6].

A voir le fort débit de l'oued Sous et de l'oued Noun (Assaka), à la fin de la saison froide, et la richesse estivale des petits fleuves intermédiaires[7], il semblerait que l'on doive ranger presque toutes les rivières marocaines dans la même catégorie. Mais déjà s'annonce l'indigence des oueds sahariens. Dans le bassin du Sous, aussi bien que dans celui du Noun, c'est le cours d'eau principal seul qui atteint la mer en été, et jusqu'au commencement de l'hiver; les affluents sont à sec encore, quand déjà la montagne se couvre de neige, et l'eau demeure rare jusqu'au printemps dans le lit moyen et supérieur du fleuve lui-même[8]. Les crues de cette dernière saison sont, d'autre part, bien atténuées par les prélèvements qui sont faits pour l'irrigation; alors le Sous, malgré les 800 mètres cubes auxquels on porte son débit d'embouchure, n'est, vers Taroudant, qu'un large filet d'eau de 25 mètres de large sur 50 centimètres de profondeur; le quart du lit à peine est couvert; ailleurs, les flaques d'eau sont séparées par des bancs de sable garnis de végétation[1].

L'oued Draa et l'oued Ziz forment la transition vers les formes hydrographiques du Sud-Est marocain et du Sahara d'Algérie. Assez puissamment alimentés dans leur cours supérieur, ils vont s'épuisant, par suite de l'évaporation, des sécheresses estivales, et des saignées qui leur sont faites pour l'irrigation.

Le Draa ne doit d'atteindre parfois l'Océan qu'à l'emplacement de son thalweg, qui lui permet de recueillir le surplus des grosses eaux de printemps de la plupart des torrents venus de l'Anti-Atlas, à travers les khenegs du Djebel-Bani. Les divers bras qui le forment, issus de la haute montagne, sont assez riches : en avril, l'oued Dadès a, sur $0^m,90$ d'épaisseur, un courant de 20 mètres de large, et de Foucauld l'a encore vu, en novembre, avec 10 mètres d'un flot clair et limpide[2]. Les affluents du genre de l'oued Akka, qui ne dépassent pas les crêtes de l'Anti-Atlas vers le nord, sont, il est vrai, souvent à sec près de leur confluent[3]; mais c'est le fait des nombreuses prises d'eau qu'ils ont à subir pendant des kilomètres[4], et l'oued se passe d'ailleurs, tout d'abord, de leur tribut. Au sortir du pays de Mezgita, c'est une belle rivière, dont le courant, de 60 à 70 centimètres de profondeur, couvre au moins 60 mètres d'une façon permanente. A partir du coude en amont du marécage d'El Debiaïa, l'eau superficielle disparaît parfois, et la vallée cesse d'être partout



Fig. 9. — *L'oued Lekkoûs, près d'Alcazar, au mois de juillet.* (Cliché de M. Doutté.)

[1] Loti : *loc. cit.*, p. 53.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 27.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 26, 37. Il décrit de façon analogue les oueds Innaouen et Beht.
[4] Frisch : *loc. cit.*, p. 32.
[5] Tissot : *loc. cit.*, p. 229, 263 ; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 375.
[6] Washington : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1832, p. 122.
[7] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 472, 346, 347.
[8] *Id.*, t. I, p. 376; de Foucauld : *loc. cit.*, p. 192 ; Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt*, p. 422, 233.

[1] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 183, 184.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 214, 216.
[3] *Id.*, p. 173; Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt in Marokko*, p. 438.
[4] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 120.

habitée [1]; mais l'humidité se conserve longtemps au centre du lit, et il suffit de quelque ondée pour que le courant se reforme. Au sud de l'oued Tatta, en novembre encore, la large bande de vase qui se déploie entre les berges ne peut être utilisée pour le labour en son milieu trop détrempé, et là se conserve une belle végétation [2]. Enfin, quand les pluies de printemps sont abondantes, les affluents franchissent les petits deltas intérieurs (« madero ») qui les séparent du fleuve, et joignent leur flot au sien [3]. A l'embouchure, la circulation de surface est continue : Douls a vu le courant, « divisé en trois ruisseaux peu profonds [4] ». Ce sont là, certes, des régions d'un grand avenir agricole, et des centres de groupement naturel pour les nomades du désert.

L'eau de l'oued Ziz est bue bien vite par le sable et les canaux d'irrigation : au sud d'Abouam, les crues de printemps se perdent dans les sebkas [5], et le lit, d'une largeur démesurée, n'est qu'un ruban de sables et de graviers entre ses berges abruptes. La pauvreté est déjà comparable à celle de l'oued Zousfana, que fuient les centres de population de chaque côté d'Igli, vers le pied de l'Atlas, au nord (Kénatsa, Figuig), vers les nappes artésiennes du Touat, au sud.

V. — Caractères de la nature vivante.

Le climat et le régime des eaux courantes n'expliquent pas tout de la végétation du Maroc. Dans les pays du Magreb, il faut tenir compte, plus que nulle part ailleurs en Afrique en ce qui concerne les localisations végétales, de l'œuvre des hommes. Elle a entraîné ici des résultats particulièrement désastreux, et c'est l'importance locale donnée à certaines cultures, c'est surtout le genre d'élevage le plus pratiqué, celui de la chèvre [1], qui ont peu à peu amené la pénurie d'arbres remarquée par la plupart des voyageurs [2].

Le Rif tout entier et les régions nord-est du Haut-Atlas ont des forêts qui rappellent celles de l'Algérie, vastes bouquets de bois où dominent les chênes verts, les chênes-lièges, les cèdres, les oliviers sauvages et les lentisques, masses d'arbres très inégales au point de vue de l'exubérance des espèces, plus ou moins clairsemées selon l'exposition, et toujours mêlées aux broussailles en maquis de la Méditerranée occidentale. De Foucauld et Duveyrier ont décrit ce qu'ils ont vu de ces montagnes, au sud-ouest de Tanger, vers la Mouloüia inférieure, et jusque dans le Gada Debdou, comme une suite de paysages très verts. Du côté de l'Atlantique, le long des basses terrasses littorales que suit de Tanger à Ksar-El-Kébir le chemin des ambassadeurs, et dans la partie montagneuse du Gharb, les grands bois sont déjà isolés les uns des autres, et les chênes-lièges y forment l'essence de fond [3]; ce sont des arbres dépassant à peine la taille d'homme, et « les bruyères blanches et rouges qui poussent à côté d'eux atteignent leur sommet » [4]. Quelques singes, des chacals, des hyènes, des renards et des sangliers, de grands fauves, croit-on, représentent la faune sauvage dans cette première zone.



Fig. 10. — *Les plaines du Hoûz : sur la route de Mazagan à Merrâkeck.* (Cliché de M. Doutté.)

Les avant-plateaux et les terrasses qui flanquent, à l'ouest, le Moyen, puis le Haut-Atlas, de l'oued Sebou jusqu'au sud de l'oued Tensift, représentent assez bien au Maroc les pays de savanes. Limons ou alluvions, le sol est en général fertile, et il reçoit, dans la saison froide, les longues et violentes averses que l'on sait. Néanmoins, les arbres ont

[1] Rohlfs : *loc. cit.*, p. 439.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 148.
[3] *Id.*, p. 147. « L'oued Tisint s'avance avec majesté, plein d'une eau limpide et bleue » (p. 117).
[4] Douls : *loc. cit.*, p. 457.
[5] Rohlfs : *Reise durch Marokko*, p. 51.

[1] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 314.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 3, 4, 247.
[3] Tissot : *loc. cit.*, p. 256; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 219.
[4] Charmes : *loc. cit.*, p. 860.

disparu ou presque, ne formant plus que des groupements souvent admirables autour des villes, ou des galeries touffues le long des ravins qui pendent de la montagne. La campagne vallonnée est sans bois, comme sans routes, et souvent sans habitants visibles (fig. 10); au printemps, elle se couvre entre les palmiers nains et les figuiers isolés, autour des broussailles de lentisques et de cactus, d'un prestigieux tapis d'herbes et de fleurs également inutilisées, que le soleil d'été brûle en grande partie. Déjà rares entre Larache et Ksar-el-Kébir, les arbres disparaissent presque totalement entre Ksar et Fez, et le contraste avec le Rif s'établit[1] : « Rien que des fleurs, si loin que la vue s'étende (avril), des zones absolument roses de grandes mauves larges, des marbrures blanches, qui sont des amas de marguerites, des raies magnifiquement jaunes, qui sont des traînées de boutons d'or, des asphodèles, des soucis, des colzas; et sur les collines, où la terre est plus sèche, des bruyères, des lavandes si pressées... que le sol est violet, d'un violet cendré, d'un violet gris de peluche[2] ». De Fez à Meknès, le paysage est analogue[3] : « Une plaine de fenouils immense, illimitée, fenouils géants, dont les tiges ont 2 à 3 mètres de haut... De loin en loin, un grand palmier isolé se dresse au-dessus de ce bocage uniforme et désert[4]. »



Fig. 11. — *Paysage des premières pentes septentrionales du Haut-Atlas.* (Cliché de M. Doutté.)

Tous les itinéraires de Rbat, de Mazagan, de Safy, et de Mogador à Maroc traversent aussi des étendues déboisées et mornes, qui se couvrent dès la fin de l'hiver des mêmes plantes, et où l'on ne voit que des palmiers, des figuiers et des tamarins très épars[5]. Les basses chaînes d'où viennent les affluents de gauche de l'oued Sebou, ainsi que les divers bras de l'oued Bou Regreg, en général aussi les premiers gradins du Moyen-Atlas, sont seuls plus boisés, quoique les forêts y existent surtout au fond des ravins et alternent sur les versants avec les pâturages[1]. Mais la vieille « civilisation » marocaine, qui a tué les bois en rase campagne, les a respectés, aménagés, transformés en immenses vergers aux environs des grands ksars; les voyageurs vantent les plantations d'oliviers de Meknès[2], les jardins de Sfrou, dans lesquels se rencontrent toutes les espèces d'arbres fruitiers d'Europe[3], surtout l'interminable forêt de palmiers qui couvre le pays au nord et au nord-ouest de Maroc, et dont les derniers bouquets s'étendraient jusque vers Sidi-el-Moktar[4].

De Foucauld parle à plusieurs reprises avec admiration des « immenses forêts » qu'il a traversées sur les deux versants du Moyen-Atlas[5]; les platanes, les noyers s'y mêlent aux chênes méditerranéens, et le sous-bois y paraît très touffu. Au nord-est, le Moyen-Atlas ne serait garni d'arbres que sur son versant septentrional ; la crête constitue là une limite pour le climat et la végétation ; à son abri, les plaines de la Haute Moulouïa sont un désert de pierres, « plus nu et plus désolé que le Sahara marocain[6] », avec des touffes de drîn et de geddim, des gazelles et des reptiles venimeux.

Les flancs nord du Haut-Atlas sont partout boisés[7] (fig. 11), mais d'une manière irrégulière et quelquefois très pauvre. A l'ouest, les arbres et les fourrés dépassent les lignes de faîte, et débordent

[1] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 12, 13; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 131.
[2] Loti : *loc. cit.*, p. 78, 79.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 39; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 117.
[4] Loti : *loc. cit.*, p. 282.
[5] Lenz : *loc. cit.*, p. 246; Beaumier : *loc. cit.*, p. 18, 19; Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 88.

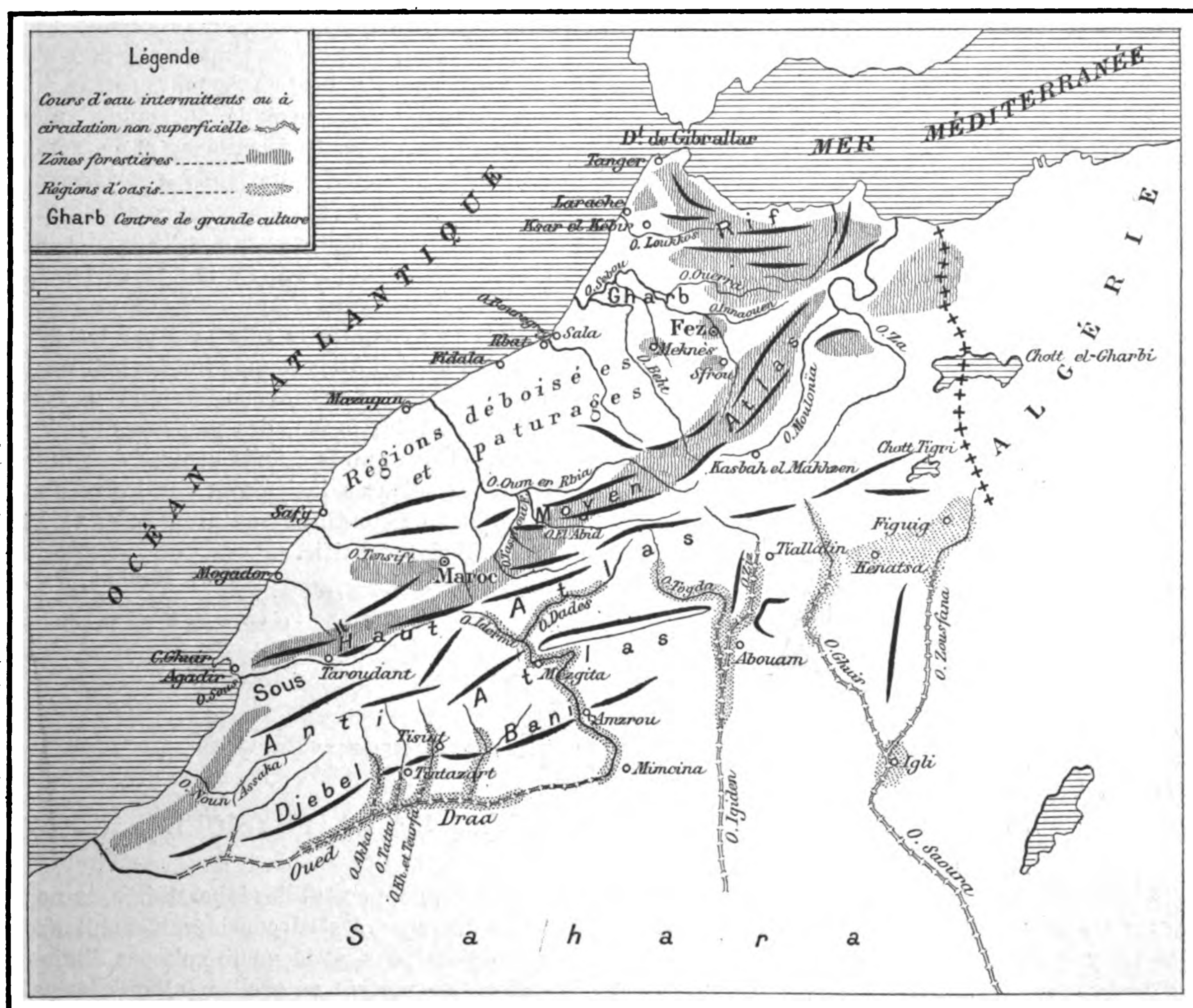
[1] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 45, 46, 48.
[2] Lenz : *loc. cit.*, p. 188.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 38.
[4] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 257: Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 116.
[5] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 50, 51, 65, 108. Il s'y trouve des panthères, des loups et des sangliers.
[6] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 239.
[7] *Ibid.*, p. 89, 99, 97, 104.

jusque dans la plaine du Sous ; mais, vers la passe de Bibaouan, la végétation commence à se faire maigre. Au sud de Maroc, des broussailles de genévriers, de lentisques et d'oléandres occupent presque toute la place en dehors des rochers[1]; les hauts couverts sont concentrés dans les nombreuses petites vallées intérieures, souvent situées hors des chemins fréquentés; là, les captures d'eau ont permis des groupements de population qu'aucun voyageur n'a pu visiter[2]. A partir, enfin, du Djebel Aïachi, la verdure devient rare, même sur le versant nord; les champs d'alfa et d'armoise, les formes déchiquetées du rocher, la sérénité de l'air, tout annonce le Sahara, dont la région des chotts marocains n'est guère qu'une dépendance.

Il faut mettre à part, dans le Haut-Atlas, les massifs littoraux qui le terminent sur l'Atlantique, au

[1] Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 202.
[2] Rohlfs : *Reise durch Marokko*, p. 41.

sud de Mogador. On ne peut vraiment pas dire que la chaîne soit ici une limite, comme dans sa partie centrale et comme le Moyen-Atlas à l'ouest de la haute Moulouïa. De l'oued Tensift à l'oued Noun et au Djebel Iberkaken, de chaque côté des vergers du Sous, de vastes espaces sont occupés par un arbre particulier au Maroc, qui paraît avoir éliminé en partie les autres espèces[1] : c'est l'arganier (*Argania sideroxylon*), à la taille énorme, à l'appareil ligneux très développé, que le Dr Lenz regarde comme un représentant de la flore tropicale[2]. Il a refoulé figuiers, oliviers, palmiers, dattiers et cactus sur les riches alluvions du Sous[3], et se partage, avec quelques cultures de céréales et de



Gravé par F. Berremans, 5 rue Hautefeuille.

Fig. 12. — *Répartition de la végétation et cours d'eau du Maroc.*

[1] Hooker et Ball : *loc. cit.*, p. 96; Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 308, 336, 337; de Foucauld : *loc. cit.*, p. 178, 181; Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt*, p. 43.
[2] Le bois en est très employé dans les constructions, et le fruit fournit de l'huile.
[3] Rohlfs : *loc. cit.*, p. 422, 423; de Foucauld, p. 183, 184.

grandes surfaces rocheuses, la montagne tout entière : « Ce n'est pas une forêt telle qu'on se la figure en Europe, car le sous-bois y manque complètement, et les arbres y sont fort clairsemés; de loin en loin s'ouvrent même de vastes clairières gazonnées[1]. »

L'Anti-Atlas, à l'est du Djebel Iberkaken, appartient tout entier à la zone de lisière saharienne. Tandis qu'au sud du Sous cette chaîne porte, outre les bois d'arganiers, des figuiers et des amandiers en vergers, on n'y rencontre plus, en arrière de l'écran constitué par le Djebel Siroua, même au nord de la rive principale, que de maigres bosquets de trembles et de cognassiers, des étendues pierreuses, qui se couvrent au printemps de « seboula-el-far »[2], inutilisables pâturages. On connaît l'aridité de la Feïja et du Djebel Bani : cette langue de sable et ce mur de rochers, hérissés de quelques gommiers[3], sont traversés du nord au sud par les oueds affluents du Draa, qui seuls empêchent le désert de s'y établir partout durant l'été. Par chacune des coupures du Bani se déroule en tout temps, le long des filets d'eau vive, un cordon de cultures, de pâturages et de vergers, qui s'élargit au nord du fleuve pour former les champs des « maders »[4]. Presque tout le versant saharien de l'Anti-Atlas est donc un riche pays d'oasis. Oasis et dattiers dépassent au nord le Djebel Tifernin et le Djebel Sagherou, le long des bras supérieurs de l'oued Draa, et accompagnent le fleuve en série presque continue, tant que son courant demeure permanent, jusqu'à Mincina, en plein désert[1]. Plus à l'est, la végétation des vallées sahariennes de l'oued Ziz et de l'oued Ghuir remonte, par les entailles de son rebord méridional, jusque dans la région des plateaux orientaux du Haut-Atlas, au nord du centre de culture de Kenatsa et de Figuig[2]. Par là, le désert rejoint presque la Moulouïa supérieure, mais la montagne conserve au Maroc son individualité par rapport au Sahara : il faut aller au sud d'Abouam et jusqu'à l'oued Zousfana pour trouver la dune et la hamada absolument nues, sans même les bouquets de mimosa et de tamarix que Caillié a traversés entre Mincina et Abouam[3].

Préciser davantage ces notions demanderait un volume, et les synthétiser en une carte qui dépasserait la portée d'un simple schéma (fig. 12) est presque impossible. Nous avons simplement essayé de faire ressortir en ce chapitre le rôle joué par les différentes chaînes de l'Atlas comme limites botaniques et climatériques; nous avons indiqué en gros l'emplacement des forêts, des pâturages naturels, des oasis et des autres grands centres de culture. Les articles suivants insisteront sur les résultats économiques de conditions naturelles très variées et très difficiles à saisir.

J. Machat,
Agrégé d'Histoire et de Géographie,
Professeur au Lycée de Bourges.

[1] Lenz : *loc. cit.*, t. I, p. 308.
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 109, 117, 305.
[3] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 115 : « Je vois ces arbres pour la première fois. »
[4] De Foucauld dit de l'oued Tatta (*loc. cit.*, p. 171) : « Le long du moindre ruisseau, au-dessous de chaque gommier, s'étendait un épais tapis de verdure, tantôt d'un émeraude éclatant, tantôt argenté et doré par une multitude de fleurs. »

[1] V. dans la *Reconnaissance au Maroc* (p. 209, 210), la description du pays du Draa : « Figuiers, grenadiers répandent sur le sol une ombre épaisse; au-dessus se balancent les hauts panaches des dattiers. Sous ce dôme, c'est un tapis de verdure, céréales, légumes, vignes. »
[2] De Foucauld : *loc. cit.*, p. 229 ; Rohlfs, *Mein erster...*, p. 466.
[3] R. Caillié : *loc. cit.*, t. III, p. 62, 63.

REVUE ANNUELLE DE PHYSIQUE

PREMIÈRE PARTIE : RÉGIONS NEUVES DE LA PHYSIQUE

On pourrait peut-être, sans paradoxe, prétendre que le meilleur moyen de tracer un tableau fidèle des progrès accomplis depuis quelque temps en Physique, serait de ne fixer d'avance aucun plan d'exposition, de présenter les découvertes les plus importantes un peu au hasard, de se conformer enfin à l'habituel désordre avec lequel les Mémoires originaux sont ordinairement classés dans les journaux spéciaux de la France et de l'Étranger.

A aucune époque, la production n'a été aussi abondante qu'aujourd'hui, ni plus fructueuse : grâce au développement des laboratoires, le nombre des chercheurs s'est considérablement accru dans tous les pays, et la qualité n'a pas diminué; les efforts se portent naturellement vers les voies tracées par les Maîtres les plus illustres et l'on peut certainement rattacher beaucoup de travaux aux doctrines initiales qui les ont inspirés. Mais il n'existe plus guère de ces grandes théories universellement admises, autour desquelles, d'un consentement unanime, tous les expérimentateurs venaient se ranger; une certaine anarchie règne dans le domaine des sciences de la Nature, toutes

les hardiesses sont permises, aucune loi n'apparaît comme rigoureusement nécessaire; ne nous plaignons pas, d'ailleurs, de cet état de choses : de très bons esprits considèrent, non sans raison, qu'il est éminemment profitable au progrès.

Nous assistons, en ce moment, peut-être plus encore à un travail de démolition qu'à une œuvre d'édification définitive; on découvre des faits nouveaux, intéressants par eux-mêmes, mais on s'attache plus particulièrement à ceux qui ne paraissent pas facilement rentrer dans les anciens cadres et l'on brise volontiers ces cadres, devenus insuffisants. Les idées qui semblaient à nos devanciers être le plus solidement établies sont maintenant remises en cause, et la réalisation de l'espérance qu'ils avaient d'arriver un jour à une sorte d'unité et de synthèse paraît devoir être sinon définitivement écartée, du moins pour longtemps retardée. On renonce généralement aujourd'hui à la pensée que tous les phénomènes sont susceptibles d'explication mécanique, non pas seulement parce que l'on a compris que, si l'on pouvait donner une explication mécanique d'un phénomène, on pourrait trouver une infinité d'autres explications qui rendraient également compte de toutes les particularités révélées par l'expérience, mais encore parce que les principes de la Mécanique eux-mêmes sont contestés et que des faits récents ébranlent nos croyances relatives à la valeur absolue de lois considérées jusqu'ici comme fondamentales.

La tendance presque universelle aujourd'hui parmi les physiciens est d'envisager les théories et les explications comme de simples images, commodes pour le langage, facilitant la recherche, permettant de grouper et d'associer les faits, mais ne présentant avec la réalité objective qu'une ressemblance fort éloignée. Ce n'est pas à dire, d'ailleurs, que l'on renonce à utiliser de tels symboles; jamais, au contraire, on ne vit une aussi abondante éclosion de théories, parfois bien singulières et bien hardies; puisque, aussi bien, ces théories n'ont aucune prétention à être entièrement conformes à la vérité, puisqu'elles ne sont que transitoires, on ne craint pas de les multiplier et de les construire rapidement; dans cette immense étendue qu'aperçoivent et qu'explorent les chercheurs, on se hâte de bâtir des édifices parfois très vastes et très complets, mais où l'on sait bien que l'on ne pourra demeurer toujours. Dans la marche en avant vers la vérité, on devra les abandonner bientôt et les reconstruire ailleurs; malheureusement, il est toujours à craindre que le séjour ne soit prolongé par l'habitude : ceux qui ont établi une confortable demeure sur les ruines des monuments anciens ont parfois, eux aussi, trop de regrets à la quitter.

C'est naturellement dans les régions nouvellement découvertes que prennent surtout naissance des hypothèses variées, souvent très curieuses, souvent aussi un peu prématurées; nous consacrerons ce premier article[1] à une rapide excursion dans cette partie agitée et touffue du domaine de la Physique, qui comprend les rayons de Röntgen, les rayons cathodiques et similaires, l'étude des substances radio-actives, l'ionisation des gaz, l'électrodynamique des corps en mouvement, les oscillations électriques. Sacrifiant beaucoup de détails intéressants, nous nous attacherons surtout aux faits récemment acquis et d'où paraît pouvoir sortir, un jour prochain peut-être, quelqu'une de ces grandes corrélations qui éclairent subitement un sujet et qui ne sont encore, en ces matières, que vaguement soupçonnées aujourd'hui.

I. — Rayons de Röntgen.

Depuis le jour où Röntgen publia sa sensationnelle découverte, tant de travaux se sont accumulés, tant de théories ont été émises que bien des personnes, qui suivent cependant avec intérêt le mouvement des idées en Physique, se perdent un peu au milieu d'une confusion plus apparente, en somme, que réelle.

On entend parler des rayons X proprement dits, des rayons secondaires découverts par M. Sagnac, des rayons émis spontanément par les matières radio-actives: rayons de Becquerel et de Curie, qui se divisent, d'ailleurs, en deux classes, suivant qu'ils sont ou non déviables par l'aimant, des rayons cathodiques ordinaires, des rayons-canal de Goldstein, des rayons de Lenard qui sortent de l'ampoule de Crookes par une cloison en aluminium, des rayons émis par certains corps, comme une lame de zinc, sous l'influence de la lumière ultra-violette, et, il faut l'avouer, une pareille énumération, encore incomplète d'ailleurs, paraît quelque peu effrayante.

En réalité, aujourd'hui, comme au lendemain de la découverte de Röntgen, on peut dire que l'on connaît actuellement deux classes de radiations nouvelles et deux seulement: dans l'une se rangent les rayons X, dans l'autre les rayons cathodiques; entre les deux, des différences fondamentales subsistent, qui ne permettent de supprimer la distinction qu'au prix d'hypothèses par trop hardies; mais, en revanche, tous les autres rayonnements étudiés dans ces dernières années viennent se placer aisément dans l'une ou l'autre de ces catégories.

[1] On insiste ici plus particulièrement sur les travaux publiés depuis un an ; mais, la Revue annuelle de Physique que publie d'ordinaire régulièrement ce recueil ayant été exceptionnellement suspendue depuis 1900, on a fait les raccords nécessaires pour que cet article forme la suite logique de ceux qui l'ont précédé.

C'est peut-être relativement aux rayons X que les résultats les plus simples et les plus nets paraissent définitivement acquis; c'est par eux, sans doute, qu'il convient de commencer cette courte étude des progrès récemment accomplis.

On sait, depuis le début, qu'il existe divers rayons X, différents entre eux, comme diffèrent, par exemple, entre elles les couleurs du spectre; mais on manquait d'un procédé commode pour les repérer. M. Benoist a décrit une méthode sûre et pratique, qui permet un facile classement. Les divers rayons se distinguent en particulier les uns des autres par leur aptitude inégale à traverser les corps. M. Benoist a étudié depuis quelques années, avec beaucoup de soin, la transparence de la matière pour les rayons X; il est arrivé à des lois générales particulièrement simples : il a montré que la propriété d'absorption est une propriété essentiellement additive, essentiellement liée aux poids atomiques. Grâce à l'établissement d'un réseau de courbes d'égale transparence des corps simples, on peut instituer une méthode qui permettra de former une véritable échelle spectrale des radiations; au point de vue de la technique expérimentale, on simplifiera la méthode en prenant certains couples de corps de radio-chroïsme très différent. Un tel système formera un radio-chromomètre, qui définit et mesure pour les rayons X un caractère spécifique analogue à la couleur des rayons lumineux ; on peut aussi assimiler le rôle de cet appareil à celui que joue le thermomètre dans l'étude et le réglage des températures : son usage permet d'apporter une régularité et une précision parfaites dans l'emploi des tubes producteurs de rayons X.

Les résultats obtenus par M. Benoist ont été confirmés par d'autres recherches indépendantes. MM. Mac Clung et Mac Intosh, par exemple, ont fait des mesures très soignées sur l'absorption des rayons de Röntgen par les sels métalliques, et ils ont nettement montré que l'absorption est bien une propriété additive, qui peut être considérée comme la somme des deux termes, l'un relatif à l'anion, l'autre au cathion, dont la réunion constitue la molécule saline. MM. A. Hébert et G. Reynaud ont également étudié les phénomènes d'absorption et ont été amenés, à la suite de leurs études, à imaginer un appareil analogue au colorimètre de Dubosq.

Les divers rayons se distinguent sans doute aussi par l'énergie qu'ils transportent individuellement. On n'a pas encore à cet égard de résultat précis, mais on sait, en bloc, depuis des expériences de MM. Rutherford et Clungh, quelle est la quantité d'énergie correspondant à un faisceau ; ces physiciens trouvent que cette quantité serait, en moyenne, plus de cinq cents fois plus grande que celle apportée à la surface de la Terre par la radiation solaire. Quelle est la nature de cette énergie? C'est là une question qui reste, pour le moment, sans réponse certaine. Mais sur ce point, cependant, nous avons quelques renseignements très précieux, dont toute théorie devra tenir compte. Nous savons, par exemple, d'une façon certaine, d'après les travaux de MM. Curie et Sagnac, que les rayons ne transportent pas une quantité d'électricité appréciable; c'est là un caractère très important, celui qui distingue, d'ailleurs, peut-être le plus nettement les rayons X des rayons cathodiques.

Des expériences très remarquables de M. Blondlot sont venues tout récemment apporter une contribution capitale à la solution du problème qui s'est posé naturellement à l'esprit de tous les physiciens, dès qu'ils ont connu la découverte de Röntgen, et sur lequel on discute depuis sept ans avec passion. Elles ne tranchent pas d'une façon définitive la question de savoir quelle est la nature de ces rayons, mais elles éliminent certainement quelques-unes des hypothèses que l'on avait émises et elles précisent et limitent le débat.

M. Blondlot est parvenu, après de nombreux essais, à mesurer la vitesse de propagation des rayons X, par une méthode fort originale, qu'il compare très justement à la méthode classique par laquelle Römer détermina le premier la vitesse de la lumière. M. Blondlot s'appuie sur un fait qu'il a étudié au préalable. Les rayons X exercent une action très nette sur de petites étincelles électriques, par exemple sur les étincelles qui éclatent à la coupure d'un résonateur placé dans un champ hertzien. Cette action est due, comme les actions analogues, à la diminution de la résistance de l'air qui est exposé au rayonnement de Röntgen ; elle n'est pas cependant tout à fait analogue à la diminution du potentiel explosif observée dans les intéressantes recherches de M. Swyngedauw; d'ailleurs, pour appliquer la méthode de M. Blondlot, il n'est nullement nécessaire de faire une hypothèse sur la nature du phénomène: il suffit de savoir que l'étincelle du micromètre d'un résonateur devient plus éclatante au moment précis où la coupure reçoit un faisceau de rayons X.

Ce point étant admis, M. Blondlot prend une bobine d'induction d'où partent deux fils qui aboutissent aux deux électrodes d'un tube focus producteur de rayons de Röntgen. Entre les deux fils, avant qu'ils n'atteignent le focus, on jette une sorte de pont formant excitateur de Hertz; au-dessus de ce pont se trouve un résonateur, dont la coupure reçoit les rayons X. A chaque courant de rupture du primaire de la bobine, la différence de potentiel établie entre les électrodes du tube atteint

une valeur suffisante pour que ce tube fonctionne ; puis, la différence de potentiel continuant à croître, l'étincelle éclate à l'excitateur placé sur le pont; à ce moment, le tube focus cesse d'émettre des rayons, il se produit une décharge oscillatoire de l'excitateur, cette décharge se poursuit, puis s'achève, et alors le phénomène recommence. Il importe, pour que la méthode que l'on va employer soit exacte, que les rayons soient bien éteints lorsque le résonateur commence son oscillation. M. Blondlot a vérifié que, dans les conditions où il se plaçait, il en était bien ainsi parce que la durée d'émission des rayons était inférieure à un cinquante millième de seconde ; ce résultat est d'accord avec les observations de M. Colardeau ; il diffère sensiblement de celui qu'a obtenu M. Brunhes par un ingénieux procédé, mais le désaccord n'est qu'apparent, parce que ce physicien appliquait son intéressante méthode dans des conditions différentes.

Il ne pourra donc jamais, puisqu'il n'y a pas coïncidence entre les moments où se produisent l'étincelle d'une part, l'émission des rayons de l'autre, y avoir d'action directe du tube sur l'étincelle; mais, si, sans changer la distance du focus au résonateur, l'on vient à allonger les fils, on retardera la disparition à la coupure des rayons X du temps que les ondes emploient à parcourir ces fils, et, de même, si l'on éloigne le focus du résonateur sans changer la longueur des fils, ce sont les rayons X eux-mêmes qui auront à franchir un plus grand espace et qui seront, par suite, en retard s'ils ne se propagent pas instantanément; ils pourront alors avoir le temps d'agir sur l'étincelle. On est ainsi amené à prévoir cette conséquence paradoxale que le tube agira d'autant plus nettement sur l'étincelle qu'il sera plus éloigné; M. Blondlot a bien voulu, au début de ses recherches, nous faire voir personnellement ce fait, si singulier au premier abord; il s'observe avec la plus grande facilité.

Ainsi donc, l'étincelle présentera un maximum d'éclat, dû à ce qu'il existe une distance pour laquelle les rayons X arrivent à la coupure pendant l'existence de la force électrique, et l'on conçoit aisément qu'il résulte de là un moyen de mesurer le rapport de la vitesse des rayons X à celle des oscillations électriques.

Des nombreuses déterminations faites par M. Blondlot il résulte que ce rapport est très voisin de l'unité, et l'éminent physicien énonce formellement cette conclusion que la vitesse de propagation des rayons de Röntgen est égale à celle des oscillations hertziennes, égale, par suite, à celle de la lumière, puisqu'il a été antérieurement établi, par des expériences aujourd'hui classiques, dues elles aussi à M. Blondlot, que ces deux vitesses sont les mêmes.

L'importance de cette conclusion est considérable; il paraît bien que des phénomènes qui se propagent avec des vitesses identiques se rattachent à des causes analogues, ou, en tout cas, que le milieu qui les transmet doit être le même; les physiciens qui voient dans les rayons X un phénomène se produisant dans l'éther lumineux et non pas un phénomène dû à une émission matérielle peuvent invoquer maintenant, à l'appui de leur théorie, une raison des plus sérieuses.

Quant à la question de savoir quel est le mécanisme du phénomène, elle ne saurait entièrement être élucidée par l'expérience de M. Blondlot : diverses hypothèses peuvent encore subsister.

En particulier, l'expérience s'accorde bien avec une théorie de M. Wiechert et de Sir George Stokes dont nous avons eu occasion de parler ici même[1]; d'après cette théorie, les rayons X seraient dus à une succession de pulsations indépendantes de l'éther, partant des points où les molécules projetées par la cathode rencontrent l'anticathode; ces pulsations ne sont pas des vibrations continues comme les radiations spectrales: elles sont isolées, extrêmement brèves ; elles sont, d'ailleurs, transversales comme les ondulations lumineuses, et la théorie montre qu'elles doivent se propager avec la même vitesse que la lumière; elles ne doivent présenter ni réfraction, ni réflexion, mais, dans certaines conditions, peuvent subir des phénomènes de diffraction. Tous ces caractères se trouvent précisément dans les rayons Röntgen, qui ne se réfléchissent et ne se réfractent pas, mais avec lesquels on peut, comme l'avaient précédemment montré MM. Haga et Wind, et comme le prouvent aussi de nouvelles recherches de M. Sommerfeld, reproduire de curieuses expériences de diffraction.

Il ne faudrait cependant pas conclure de ces analogies que la théorie de Stokes s'impose; il est aussi bien loisible d'attribuer le mystérieux rayonnement à des vibrations longitudinales qui, comme l'a montré M. Duhem, se propageraient dans les milieux diélectriques avec une vitesse égale à celle de la lumière; il est peut-être plus encore permis de les considérer comme des radiations ultra-violettes de très courte longueur d'onde, des radiations qui seraient, en quelque sorte, ultra-ultra-violettes.

Cette hypothèse, la plus naturelle, émise dès le principe, s'accorde assez bien, elle aussi, avec les faits observés; les résultats de M. Blondlot sont naturellement d'accord avec elle, et, d'autre part,

[1] Voir Revue annuelle de Physique (*Revue générale des Sciences*, 1898, p. 423).

de très remarquables expériences de M. Lenard sont venues fournir de nouveaux et de précieux arguments à ceux qui penchaient d'avance vers une théorie qui avait le mérite de faire rentrer un phénomène nouveau dans les phénomènes antérieurement connus.

C'est en partant, pour ainsi dire, du côté opposé que M. Lenard comble une partie de l'espace qui sépare les rayons X des rayons ultra-violets extrêmes ; il a, en effet, étendu considérablement les régions connues dans l'ultra-violet, et les radiations qu'il a étudiées présentent quelques analogies avec les rayons Röntgen, analogies que l'on ne retrouverait pas dans les rayons de plus grande longueur d'onde.

Ces radiations ont été découvertes par Lenard dans les étincelles électriques qui éclatent entre deux pointes de métal et que l'on produit à l'aide d'une grosse bobine d'induction reliée à un condensateur et actionnée par un interrupteur de Wehnelt. M. Schumann a pu obtenir dans ces conditions des photographies de raies correspondant à $0^{\mu},10$ environ comme longueur d'onde. En vérité, ces radiations sont encore capables de se réfracter à travers le quartz, mais cette différence peut être attribuée à ce qu'elles vibrent beaucoup plus rapidement que les rayons X, et elles se rapprochent, en revanche, singulièrement de ces rayons par certaines propriétés: elles rendent les gaz conducteurs, et la décharge qu'elles produisent sur les métaux électrisés est provoquée par l'intermédiaire du gaz devenu conducteur.

Ce point est à rapprocher d'un résultat obtenu par M. Buisson dans d'intéressantes recherches relatives à la modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière. Cet expérimentateur a remarqué que, lorsqu'on éclaire une lame métallique par les rayons ultra-violets pour étudier la déperdition de l'électricité négative, on constate facilement que la vitesse de déperdition diminue peu à peu et que, si l'expérience se prolonge, la surface devient presque insensible. Il se produit petit à petit une altération de cette surface, qui peut être mise en évidence par l'étude des variations de quelques propriétés superficielles; mais il paraît tout à fait vraisemblable que le phénomène est localisé dans la couche de gaz que toute surface métallique condense énergiquement et qui subsiste malgré le changement du gaz ambiant, malgré aussi l'emploi du vide poussé très loin.

MM. Righi, Lenard, Merrit Stewart ont, d'autre part, montré que, lorsque des rayons de courte longueur d'onde frappent un conducteur métallique qui est à l'état neutre, ils donnent naissance à un flux d'électricité négative que l'on peut assimiler à un flux de rayons cathodiques particulièrement absorbables, car les trajectoires des charges négatives forment des rayons de direction définie, déviés par le champ magnétique et qui provoquent l'ionisation des gaz qu'ils traversent; il est vrai que ce flux n'évoque pas la fluorescence et n'est pas capable de produire à son tour des rayons X comme le feraient des rayons cathodiques ordinaires; mais il est tellement absorbable, il a une si faible intensité que la différence n'apparaît véritablement pas comme une différence essentielle.

Ajoutons enfin qu'une autre ressemblance entre les rayons X et la lumière résulte des expériences par lesquelles M. Perreau établit que ces rayons agissent sur la résistance électrique du sélénium.

II. — Rayons cathodiques et similaires.

Si l'on peut invoquer de puissants arguments en faveur de l'hypothèse ondulatoire relative aux rayons de Röntgen, la théorie qui attribue les rayons cathodiques à une émission de particules matérielles chargées d'électricité négative ne rencontre plus guère que quelques rares adversaires.

Dans les idées généralement admises, du moins avant les expériences de M. Cremieu dont nous parlerons plus tard, ces particules en mouvement constituent un courant de convection analogue à un courant ordinaire; il doit être influencé par un champ magnétique et il y a longtemps que l'on a constaté qu'il en est bien ainsi ; mais, réciproquement, il doit à son tour agir sur l'aiguille aimantée. Une semblable action n'avait pas encore été mise en évidence. Quelques expérimentateurs, M. von Geitler entre autres, ont annoncé récemment qu'ils avaient observé un effet de ce genre produit par un flux cathodique; mais, depuis la publication de ses premières recherches, M. von Geitler a reconnu lui-même qu'il subsistait dans ses expériences une cause d'erreur : les rayons cathodiques, en traversant le tube de laiton dont on avait entouré l'aiguille aimantée pour la soustraire aux influences électrostatiques, touchaient le tube en certains endroits, et entre ces parties échauffées et d'autres plus froides se produisait un courant agissant sur l'aiguille dans le même sens que l'effet prévu pour les rayons cathodiques. La question ne saurait donc être considérée comme résolue; elle est cependant fort importante.

Quant à l'action directe du champ magnétique sur les rayons, elle continue à donner lieu à d'intéressantes remarques. M. Pellat, par exemple, a étudié l'action d'un champ très intense; il montre que les particularités du phénomène s'expliquent bien en admettant que le champ donne naissance

à un frottement anisotrope très grand dans le sens perpendiculaire aux lignes de force, beaucoup plus faible dans un sens parallèle à celles-ci. M. Gercke utilise la propriété qu'un calcul simple établit et que possède la déviation d'être en raison inverse de la vitesse pour montrer que la vitesse d'un faisceau cathodique réfléchi est nettement inférieure à celle du faisceau incident.

Quelques autres propriétés des rayons cathodiques ont été l'objet de travaux intéressants. M. Schmidt montre que, conformément à une conséquence que l'on peut tirer de la théorie des ions, ils réduisent toutes les combinaisons à radical acide volatil; il met nettement en évidence la réduction du chlorure ferrique, du chlorure d'argent, des chlorures mercureux et mercurique, etc... M. Houllevigue a utilisé un phénomène connu, lié à l'émission cathodique: la projection de la substance de la cathode en tous sens dans l'espace qui l'environne, pour préparer des pellicules métalliques; il a pu faire déposer sur du verre, sur de la fibre, sur des plaques métalliques, des couches minces adhérentes d'or, d'argent, de palladium, de fer, de bismuth, de cuivre, etc..., qui présentent tous les degrés de transparence ou d'opacité, suivant la durée de l'opération; ce procédé nouveau de métallisation parait appelé à rendre de sérieux services dans les laboratoires, et peut, sans doute, être aussi utilisé par les constructeurs d'instruments scientifiques.

M. Goldstein, étudiant l'influence des phénomènes de réfraction par le verre de l'ampoule sur les apparences lumineuses observées dans les tubes de Geissler, montre que les rayons-canal qu'il a découverts provoquent, toutes les fois qu'ils frappent un composé de sodium, une luminescence jaune à la surface de la substance; mais cette luminescence se produit avec le sodium gazeux; aussi semble-t-elle toujours localisée sur la surface intérieure du tube, et ce caractère la distingue de la luminescence provoquée par les rayons cathodiques proprement dits.

MM. Austen et Starke ont établi que, dans la réflexion des rayons cathodiques, il se produit une émission d'électricité négative à partir de la surface réfléchissante, émission que l'on peut attribuer à une sorte de rayons cathodiques secondaires et qui est d'autant plus faible que l'angle d'incidence est plus petit.

Les rayons de Lenard, c'est-à-dire les rayons cathodiques qui peuvent sortir de l'ampoule par une mince cloison métallique, ont été, eux aussi, l'objet de diverses recherches; ils sont particulièrement absorbables, et, comme l'ont montré MM. Curie et Sagnac, ils sont tout à fait comparables aux rayons secondaires découverts par M. Sagnac, particulièrement aux rayons correspondant aux métaux lourds. M. Dorn a fait voir que ces derniers rayons peuvent à peine parcourir quelques centimètres dans l'air. Il existe aussi la plus grande analogie entre les rayons de Lenard et une partie du rayonnement spontanément émis par les corps radio-actifs.

M. Becquerel d'une part, M. et Mme Curie de l'autre, ont continué leurs beaux travaux relatifs à ce rayonnement : il est aujourd'hui définitivement établi que ce rayonnement est formé de rayons de deux espèces : les premiers, déviables par l'aimant, chargés d'électricité négative, déviables, par suite, par le champ électrique, exerçant des actions chimiques, transformant, par exemple, comme l'a montré M. Becquerel, le phosphore blanc en phosphore rouge, produisant de l'ozone comme l'indiquent M. et Mme Curie, sont assimilables aux rayons cathodiques très absorbables; les seconds ne sont pas déviables et semblent tout à fait comparables aux rayons de Röntgen.

De toutes ces expériences il semble donc bien résulter que, définitivement, comme nous le disions au début, il n'existe que deux catégories distinctes : les rayons cathodiques et les rayons X; les uns paraissent dus à la matière électrisée, les autres à un phénomène se produisant dans l'éther. Cependant, M. Goldstein a décrit une nouvelle sorte de rayons cathodiques à faible potentiel de décharge, qui, par certaines de leurs propriétés, paraissent former une transition entre les rayons cathodiques ordinaires et les rayons X; et nous verrons plus loin que, pour certains physiciens qui ne craignent pas les tentatives hardies, le fossé qui sépare une masse matérielle électrisée d'un volume d'éther n'est pas absolument infranchissable.

III. — ETUDE DES SUBSTANCES RADIO-ACTIVES[1].

Quelque séduisantes que puissent être des hypothèses, les faits sont peut-être plus précieux à recueillir; avant d'admettre une explication définitive sur la nature exacte des phénomènes qui ont leur siège dans les substances si curieuses qu'ils ont découvertes, M. et Mme Curie pensent, non sans raison, qu'il convient d'abord d'enrichir nos connaissances, relativement à ces corps et aux effets produits par les radiations qu'ils émettent, de données exactes et précises.

C'est ainsi qu'ils ont estimé qu'il fallait étudier avec beaucoup de soin la façon dont se produisent et se dissipent les phénomènes de radio-activité

[1] Le lecteur désireux d'avoir des détails plus circonstanciés sur quelques-uns des progrès réalisés récemment dans l'étude de ces substances pourra se reporter au bel article de M. Becquerel : La radio-activité de la matière, *Revue gén. des Sciences*, 1902, p. 663.

induite, phénomènes qu'ils ont antérieurement mis en évidence ; on sait que la radio-activité induite consiste en ce qu'un corps quelconque, placé au voisinage d'une substance radio-active, devient lui-même actif. Divers expérimentateurs, MM. Owens, Rutherford, Dorn entre autres, ont publié des recherches sur ce sujet et obtenu des résultats analogues. Mais l'ensemble le plus complet d'expériences relatives à ces questions est dû à M. Curie lui-même.

L'éminent physicien a établi, en collaboration avec M. Debierne, que la radio-activité induite se transmet dans l'air, comme un phénomène de convection ou un phénomène de conduction, de proche en proche ; la transmission peut se faire même à travers des tubes très étroits ; les corps s'activent d'autant plus rapidement que l'enceinte où ils se trouvent enfermés est plus petite. L'activité acquise, dont on mesure la valeur par la décharge d'un condensateur électrique, tend vers une valeur limite ; il se produit pour chaque substance induite une sorte de saturation. La nature de la substance influençante change la valeur de l'activité ; mais cette valeur est indépendante de la nature du gaz enfermé dans l'enceinte et aussi de la pression de ce gaz, pourvu, toutefois, que cette pression ne s'abaisse pas au-dessous d'une certaine limite ; dans le vide avancé, les corps ne s'activent pas, et même, s'ils ont été antérieurement activés, ils perdent leur activité.

Si, après avoir fait le vide, on isole l'appareil de la pompe à mercure, les gaz qui sont toujours contenus dans un solide se dégagent petit à petit, la pression croît lentement et la radio-activité réapparaît avec la même valeur limite que dans l'air à la pression normale. Le gaz que l'on peut alors extraire du tube est fortement radio-actif, il rend le verre fluorescent ; si on l'observe au spectroscope dans un tube de Geissler, on ne constate aucune autre raie que les raies connues caractéristiques du gaz à l'état ordinaire. Ces phénomènes s'interprètent en admettant que les gaz ordinaires contenus dans l'air s'activent au contact de la matière radio-active et se diffusent ensuite en communiquant par contact leur activité aux autres corps ; mais cette manière de voir ne permet guère de comprendre comment il peut se faire que la valeur limite de l'activité induite soit indépendante de la nature et de la pression de la masse gazeuse, et, d'autre part, la propagation par les tubes capillaires semble beaucoup trop rapide pour qu'on la puisse valablement attribuer à une simple diffusion du gaz.

M. Curie a étudié également la façon dont l'activité induite se dissipe quand on supprime l'action activante du radium. Il prend, par exemple, une enceinte fermée renfermant un sel solide ou bien encore une dissolution de sel de radium. Tous les corps placés dans cette enceinte, et l'enceinte elle-même, deviennent radio-actifs ; si l'on en retire un solide qui y a été activé, on constate que ce solide perd son activité à l'air libre ; l'activité diminue suivant une loi exponentielle. Après une demi-heure, elle devient à peu près la moitié de ce qu'elle était au début. Mais, comme les gaz peuvent entretenir la radio-activité, les choses se passent différemment dans une enceinte fermée. Le rayonnement est bien dû encore aux parois, mais son intensité, mesurée par la décharge d'un condensateur, diminue en fonction du temps, suivant encore une loi exponentielle, beaucoup plus lentement qu'à l'air libre. La constante de temps qui caractérise la diminution de l'activité se détermine facilement et avec précision ; elle a une valeur très fixe, indépendante des conditions de l'expérience, de la nature des gaz et de celle de la matière qui constitue les parois de l'enceinte.

De ces expériences et d'autres semblables on doit conclure ceci : si l'on envisage chaque atome de radium comme une source d'énergie qui se dissipe par un mécanisme au sujet duquel on peut faire, d'ailleurs, telle hypothèse que l'on voudra, que l'on attribuera, par exemple, à un rayonnement spécial ou à un phénomène de conduction de proche en proche à travers les fluides, l'énergie est emmagasinée dans les gaz sous une forme spéciale qui se dissipe suivant une loi exponentielle ; il est naturel d'admettre, d'ailleurs, que cette énergie s'épuise parce qu'elle est utilisée à entretenir la radio-activité des gaz et des parois.

La question de savoir d'où provient l'énergie émise par la substance active est peut-être celle qui avait, dès le début des expériences de M. Becquerel et de M. et Mme Curie, le plus vivement intrigué les physiciens ; cette question ne saurait encore aujourd'hui être considérée comme définitivement résolue. Cette énergie, d'origine mystérieuse, a d'ailleurs une valeur notable : M. Becquerel est arrivé à évaluer d'une façon assez approchée son ordre de grandeur ; il estime qu'une couche de 1 millimètre d'épaisseur et de un centimètre carré de surface donnerait par seconde environ 5 unités C. G. S. ; il a, en outre, démontré que la quantité d'énergie émise ne change pas sensiblement quand la température varie dans de larges limites entre — 200° et + 100° ; M. Berthelot, utilisant la décomposition de l'acide iodique par le radium, est arrivé à un résultat analogue pour la valeur de l'énergie.

Divers auteurs continuent à voir dans la radio-activité le résultat d'un phénomène chimique. MM. Dorn, Rutherford s'appuient, pour soutenir

cette opinion, sur quelques expériences qui ne semblent pas suffisantes pour entraîner la conviction. Tout récemment, M. Heydweiller a annoncé un résultat qui, s'il était confirmé, trancherait définitivement la question dans un autre sens : ce physicien prend un tube de verre d'Iéna dans lequel il enferme une certaine quantité, 5 grammes par exemple, d'une substance fortement radio-active, et il le compare à un tube semblable de même poids et de même volume, rempli de débris de verre; il trouve que petit à petit le poids du premier tube diminue, la perte étant environ de deux centièmes de milligramme par vingt-quatre heures; il est à remarquer que cette diminution donne sensiblement une diminution d'énergie potentielle de gravitation égale à l'énergie émise sous forme de radiation, évaluée d'après les expériences de M. Becquerel; M. Heydweiller conclut de là que toute l'énergie de la substance active provient de l'énergie empruntée à la gravitation. Toutefois, cette perte de poids est singulièrement plus forte que celle qui devrait se produire si l'on admet les idées de J.-J. Thomson, puisque, d'après ce physicien, il faudrait un milliard d'années pour que les particules matérielles entraînées dans le rayonnement acquièrent une masse d'un milligramme pour un centimètre carré de surface rayonnante. Il est à remarquer aussi que M. Heydweiller, confirmant des expériences de M. Landolt dont nous aurons à parler ailleurs, avait antérieurement trouvé des pertes analogues dans le cas de substances non radio-actives.

Il paraît donc permis de penser, malgré l'opinion de certains physiciens et conformément au résultat des expériences de M. Becquerel et de M. Curie, que l'activité d'une substance telle que le radium reste la même toutes les fois qu'elle est rigoureusement ramenée au même état physique et chimique, et que cette activité ne diminue pas avec le temps; aussi bien, il peut se faire que pour d'autres substances il n'en soit pas ainsi; le polonium, par exemple, se comporte autrement; l'activité de ce corps diminue avec le temps, mais il est à remarquer qu'il n'émet pas de rayons déviables par le champ magnétique et qu'il ne provoque pas de radio-activité induite.

Si l'on admet cette invariabilité, le radium pourra être considéré comme un transformateur d'énergie empruntant de l'énergie au milieu extérieur et la restituant sous forme de radiation; l'énergie empruntée est, peut-être, une partie de la chaleur du milieu ambiant, car l'application du principe de Carnot, qui paraît tout d'abord s'opposer à cet emprunt, ne saurait être faite d'une façon très certaine lorsqu'il s'agit ainsi de ce qui se passe dans le sein même des atomes; peut-être aussi, d'après une idée émise par M. Curie, est-elle quelqu'une de ces énergies absolument inconnues parce qu'elles n'agissent pas sur nos sens, mais qu'il n'est pas absurde d'imaginer autour de nous.

On peut aussi imaginer quelques hypothèses mécaniques : l'énergie émise correspondrait, par exemple, à une perte d'énergie potentielle de la substance provenant d'une désagrégation de l'édifice moléculaire. Cette manière de voir, conforme à la théorie des ions, paraît admise par M. Becquerel; ce physicien suppose que, spontanément, les corps radio-actifs s'ionisent, que les molécules se scindent en deux fragments : les uns, beaucoup plus petits que les autres, emporteraient des charges négatives et prendraient des vitesses énormes qui leur permettraient de traverser les corps; les plus gros, au contraire, seraient animés de vitesses beaucoup moindres; ils ne traverseraient pas les corps et se comporteraient comme une sorte de gaz venant former, sur tous les corps placés au voisinage, à l'exception de ceux qui sont électrisés positivement, un dépôt matériel, qui expliquerait les phénomènes de la radio-activité induite et l'identité de l'induction sur les corps solides, quelle que soit leur nature; ce dépôt de matière serait capable de se diviser, à son tour, en particules plus petites qui traverseraient le verre, donnant les rayons déviables et non déviables observés avec les substances induites; la radio-activité induite se dissiperait par suite de cette division moléculaire.

M. Jean Perrin se représente le mécanisme moléculaire d'une façon un peu différente : pour lui, conformément à des résultats dont nous dirons un mot plus loin, les atomes de tous les corps seraient constitués par une ou plusieurs masses très fortement chargées d'électricité positive, sortes de soleils positifs autour desquels graviteraient une multitude de corpuscules beaucoup plus petits, sortes de petites planètes négatives. Si l'atome est très lourd, comme c'est le cas pour les substances radio-actives, c'est-à-dire s'il est, selon toute probabilité, très grand, le corpuscule le plus éloigné du centre, « le Neptune du système », sera mal retenu dans son orbite par l'attraction électrique du reste de l'atome; la moindre cause l'en détachera, et la formation des rayons cathodiques, due en général à des forces électriques, pourra devenir tellement facile que la matière paraisse spontanément radio-active.

IV. — Conductibilité des gaz, ionisation.

Un caractère commun à tous les rayons que nous venons de passer en revue, rayons de Röntgen ou rayons cathodiques et similaires, est de rendre conducteurs de l'électricité les gaz qu'ils traversent; nous avons eu plusieurs fois déjà occasion d'ex-

pliquer comment la théorie de l'ionisation rend compte de toutes les particularités de ce phénomène remarquable.

Chaque élément de volume du gaz devenu conducteur sous l'influence d'une radiation fournit, dans un champ électrique, des quantités égales d'électricité positive et d'électricité négative, qui se déplacent en sens inverse des lignes de force; ces deux électricités peuvent être recueillies sur les conducteurs chargés qui créaient le champ initial. La décomposition produite pendant un certain temps n'augmente pas indéfiniment quand augmente la valeur du champ; elle tend vers une certaine limite; la radiation peut libérer une quantité d'électricité déterminée. Les charges positives et négatives ainsi mises en liberté peuvent, d'ailleurs, se recombiner spontanément.

Tous ces faits s'interprètent admirablement dans une hypothèse qui a été suggérée par l'analogie qu'ils présentent avec les phénomènes de l'électrolyse, où la théorie des ions s'est montrée si féconde; on admettra que les charges mobiles sont portées par un nombre fini de centres matériels électrisés, les ions, qui proviennent d'une sorte de décomposition que la radiation provoque dans certaines molécules du gaz. C'est là, si l'on veut, non pas une théorie, mais une image que chacun peut considérer, suivant la nature de son esprit, comme une représentation plus ou moins fidèle de la réalité objective, mais qui, traduisant des faits certains dans un langage simple, peut rendre de grands services; elle nous permettra de comprendre les recherches intéressantes poursuivies dans ces derniers temps sur ces phénomènes.

En composant les vitesses acquises par les charges libérées, avec la vitesse connue d'un courant gazeux, M. Zeleny a pu mesurer les mobilités, c'est-à-dire les vitesses acquises dans un champ égal à l'unité électrostatique par les charges positives et négatives; il a trouvé que ces mobilités étaient différentes : elles varient, par exemple, entre 400 et 200 centimètres par seconde pour les deux charges dans les gaz secs, les ions positifs étant moins mobiles que les négatifs; ce qui suggère cette pensée qu'ils sont, sans doute, de masse plus grande.

M. Langevin a entrepris des expériences analogues, mais beaucoup plus complètes; il a étudié d'une façon très ingénieuse non seulement les mobilités, mais encore la loi de recombinaison qui régit le retour spontané du gaz à l'état normal. Il détermine expérimentalement le rapport du nombre de recombinaisons au nombre des collisions entre les deux ions de signe contraire, en étudiant la variation produite par un changement dans la valeur du champ de la quantité d'électricité que l'on peut recueillir dans le gaz qui sépare deux lames métalliques parallèles après le passage dans ce gaz, pendant un temps très court, des rayons de Röntgen émis dans une seule décharge d'un tube de Crookes Si l'image des ions est bien conforme à la réalité, ce rapport doit évidemment être toujours plus petit que l'unité, et tendre vers cette valeur lorsque la mobilité des ions diminue, c'est-à-dire quand la pression du gaz augmente. Les résultats obtenus sont en parfait accord avec cette prévision.

D'autre part, M. Langevin a pu, en suivant le déplacement des ions dans l'intervalle des lames parallèles après l'ionisation produite par la radiation, déterminer les valeurs absolues des mobilités avec une grande précision; il a ainsi mis nettement en évidence l'irrégularité des mobilités positives et négatives.

M. Lennan a étudié spécialement la conductibilité produite dans un gaz par les rayons de Lenard; il montre que le nombre d'ions varie proportionnellement à la pression, mais ne dépend pas de la composition chimique du gaz; on sait quê M. Perrin a obtenu antérieurement un résultat analogue dans le cas de l'ionisation produite par les rayons X. MM. Rutherford et Clungh ont évalué l'énergie nécessaire à la production d'un ion; ils trouvent une valeur beaucoup plus grande que celle qui correspond à la décomposition électrolytique; M. Stark est arrivé, de son côté, à un résultat analogue. MM. Townsend et Kirkly ont mis en évidence un phénomène qui vient un peu compliquer l'ionisation; leurs expériences conduisent à admettre qu'aux pressions voisines de 1 millimètre de mercure, sous l'action d'un champ suffisant, les ions négatifs peuvent, par leurs chocs avec les molécules non décomposées, provoquer la formation de nouveaux ions. M. Stark, dans le même ordre d'idées, fait voir que la température influe sur l'ionisation en faisant varier la trajectoire libre des ions.

On sait depuis plusieurs années, et nous avons eu déjà l'occasion de l'indiquer plusieurs fois dans les précédentes revues, que les gaz devenus conducteurs facilitent la condensation de la vapeur d'eau sursaturée; il est naturel d'admettre que chaque centre chargé attire à lui les molécules d'eau voisines, comme le fait un bâton de résine pour les corps légers placés dans son voisinage, et qu'il se forme de cette manière, autour de chaque ion, un rassemblement de molécules d'eau qui constitue un germe capable de provoquer la formation d'une goutte d'eau, résultant de la condensation de la vapeur en excès dans l'air ambiant; il se forme, par suite, autant de gouttes qu'il existe d'ions dans la masse gazeuse ionisée.

Dans des expériences bien connues, MM. Wilson et J.-J. Thomson ont évalué, d'une part, le poids

du brouillard qui est ainsi produit dans des conditions déterminées, et, d'autre part, le poids moyen des gouttes en déduisant leurs diamètres de la vitesse avec laquelle descend ce brouillard; de ces expériences, ils ont pu conclure le nombre total des gouttes formées, partant celui des ions. Comme il est aisé de connaître la charge électrique totale libérée par l'ionisation, on déduira de cette série de mesures la grandeur de la charge portée par un ion. M. Wilson avait ainsi vérifié que les centres positifs et les centres négatifs portent des charges égales en valeur absolue, et M. J.-J. Thomson avait trouvé que ces charges étaient toujours les mêmes, quelles que fussent les conditions de l'expérience, leur grandeur étant de 7×10^{-10} unités C. G. S. électrostatiques.

M. Lemme, dans des expériences ultérieures, est arrivé à des résultats tout à fait analogues; il évalue le rayon moyen des gouttes par un procédé optique, en mesurant le diamètre du premier anneau de diffraction produit en regardant un point lumineux à travers le brouillard.

Par l'étude de la diffusion des charges dans le gaz, M .Townsend a pu montrer que la charge électrique commune à tous les ions gazeux est égale à celle que transporte l'atome d'hydrogène dans l'électrolyse; le coefficient de diffusion des ions est inférieur au coefficient de diffusion du gaz dans lui-même, et ce fait conduit à penser que les ions sont plus gros que les molécules des gaz, qu'ils sont constitués, sans doute, par une agglomération de molécules neutres, maintenues par des attractions électrostatiques autour d'un centre électrisé.

C'est au même phénomène d'ionisation que se rattachent les travaux sur la décharge des conducteurs électrisés sous l'influence de la lumière; nous avons déjà parlé des expériences de M. Buisson sur ce sujet. M. Zeleny, reprenant des recherches de M. Oor et de M. Stoletow, montre qu'un fil chargé négativement et exposé à la lumière se décharge d'abord moins vite quand la température s'élève; la vitesse de décharge passe par un mininum et croît ensuite. La loi de décharge dépend, d'ailleurs, de l'histoire antérieure du fil : suivant qu'il arrive à une certaine température par échauffement à partir d'une température plus basse ou par refroidissement à partir d'une température plus haute, les résultats ne sont pas les mêmes; il ne semble pas que la lumière exerce une action sensible sur les corps positifs. M. Rutherford est arrivé à des conclusions analogues. M. Child a étudié l'ionisation qui se produit dans l'arc électrique : il montre que les ions positifs se meuvent plus vite dans l'arc que les ions négatifs. M. Barus a entrepris une série de recherches sur les actions produites par le phosphore : il pense que ce corps émet des radiations en partie assimilables à celles qui proviennent des substances radio-actives; il a mis, en tout cas, en évidence ce fait que l'air qui a passé sur du phosphore facilite la condensation de la vapeur d'eau.

M. G. Moreau a étudié la conductibilité d'une flamme salée; il montre que cette conductibilité dépend de la force électromotrice et de la distance des électrodes plongées dans la flamme et aussi de la concentration; si la différence de potentiel varie, la conductibilité, qui lui est d'abord proportionnelle, tend vers une valeur limite. Cette conductibilité est nettement unipolaire[1]; l'ionisation est surtout active autour de la lame négative; elle est analogue à celle d'une masse d'hydrogène qui entoure un filament de charbon incandescent ou à celle d'une masse gazeuse qui est en contact avec un conducteur illuminé par les radiations ultra-violettes.

Signalons aussi des recherches récentes de M. Wilson sur l'électrolyse des vapeurs métalliques. Ce physicien a découvert un fait dont l'importance serait très grande s'il était bien définitivement établi : au-dessus d'une certaine température, qui serait la même pour tous les corps, environ 1300°, il y aurait l'analogie la plus étroite entre les vapeurs salines et les électrolytes liquides; les lois de Faraday s'appliqueraient dans un cas comme dans l'autre. Les ions plus lourds que les atomes, particulièrement l'ion positif qui se meut le plus lentement, attireraient sans doute les molécules neutres; mais ce phénomène de condensation, spécial aux ions gazeux, n'affecterait pas le nombre des ions que produit la dissociation, d'après la théorie d'Arrhénius, ni, non plus, la charge de ces ions.

C'est aussi dans le chapitre de la conductibilité des gaz que l'on doit ranger les recherches sur les étincelles électriques; elles ont été l'objet de travaux récents très remarquables : MM. Schuster et Hemsalech ont montré, par l'examen spectroscopique, que, lorsqu'une étincelle éclate entre deux électrodes métalliques quelconques, les raies du métal ne sont pas visibles seulement dans le voisinage immédiat des électrodes, mais qu'elles vont souvent d'un pôle à l'autre. La vapeur métallique parcourt l'espace qui sépare les pôles avec une vitesse que l'on a pu déterminer en photographiant l'étincelle sur une pellicule mobile; on trouve une vitesse de 500 mètres environ par seconde; en général, les corps de poids atomique faible fournissent des vitesses plus considérables. Signalons

[1] Il est curieux de remarquer qu'un physicien allemand célèbre autrefois, très oublié aujourd'hui, Erman, avait dès 1815 constaté cette conductibilité unipolaire de la flamme; il me paraît intéressant de rappeler ici ce détail, qui est, je crois, fort peu connu.

aussi cette remarque faite par MM. Schuster et Hemsalech, que la première étincelle qui ferme le circuit se différencie nettement de celles qui la suivent; son spectre renferme uniquement les raies de l'air, tandis que les raies métalliques s'observent dans le spectre des étincelles suivantes.

Retenons aussi dans ce chapitre une remarque faite par M. A. de Gramont, au cours de ses recherches spectroscopiques; ce physicien, étudiant les modifications apportées par la self-induction à quelques spectres de dissociation, a observé que, dans les vapeurs qui constituent l'auréole produite par la décharge oscillante, certains systèmes de raies d'un même corps correspondent à des parties dissemblables, de conductibilité différente. Ce fait, conforme d'ailleurs à des remarques de MM. Zeeman, Preston, Humphrey, Mohler, paraît pouvoir s'interpréter dans la théorie des ions.

M. Semenow a étudié la décharge produite dans la flamme d'un gaz; il constate que le pôle négatif s'échauffe plus que le pôle positif; du pôle positif vers le pôle négatif, et toujours dans un seul sens, il se fait un transport de particules matérielles qui suivent toutes les sinuosités de l'étincelle; le pôle négatif est le siège d'un phénomène de reflux de particules matérielles dont la direction paraît indépendante de la position relative des pôles.

V. — Théorie des ions.

Il faut bien comprendre que cette image de l'ionisation des gaz, qui rend de si grands services et qui s'impose, en quelque sorte, par analogie avec ce qui se passe dans les dissolutions, est indépendante des hypothèses atomiques semblables que l'on peut faire pour expliquer d'autres phénomènes. Son adoption n'entraîne nullement comme conséquence obligatoire la nécessité d'admettre, par exemple, que les rayons cathodiques sont constitués par des corpuscules matériels électrisés, et, volontairement, nous séparons ici les deux hypothèses. Toutefois, la théorie de l'émission cathodique fournit, à son tour, des renseignements nouveaux et précieux sur la manière dont se comportent les gaz et même sur la constitution générale de la matière, quand on la joint à l'idée de la décomposition en ions sous l'influence des radiations.

On sait que J.-J. Thomson a pu trouver, dans l'hypothèse où les rayons cathodiques sont formés par des particules matérielles, d'une part le rapport de la charge électrique à la masse d'un projectile cathodique, d'autre part la vitesse de ce projectile; il suffit, pour cela, d'étudier les déviations des rayons par l'aimant et par les corps électrisés, car des relations faciles à établir lient ces déviations au rapport et à la vitesse en question. Suivant les conditions, la vitesse est variable: elle peut atteindre jusqu'à 50.000 kilomètres à la seconde; le rapport est, lui, au contraire, invariable, indépendant des conditions qui peuvent modifier la valeur de la vitesse, mais il est 2.000 fois environ plus grand que le rapport correspondant défini par l'électrolyse.

M. Lenard et d'autres physiciens ont fait des mesures analogues sur les rayons émis par une lame de zinc sous l'influence de la lumière ultra-violette; on trouve des résultats tout à fait semblables; malgré la différence dans le mode de production des rayons, le rapport a toujours la même valeur, mais la vitesse est beaucoup plus petite: elle est seulement de l'ordre de grandeur de 1.000 kilomètres à la seconde; ces expériences confirment cette idée que le rayonnement étudié est bien un rayonnement cathodique, dont quelques propriétés seront affaiblies par cette cause que la vitesse des particules est sensiblement moindre que celle des particules cathodiques proprement dites.

Mais les rayons de Lenard peuvent pénétrer directement dans les gaz, où ils provoquent l'ionisation; n'est-il pas, dès lors, naturel d'admettre que les corpuscules électriques qui constituent ces rayons sont les centres autour desquels se forment, par agglomération de molécules neutres, les ions négatifs des gaz ionisés, que d'autres considérations nous ont déjà conduit à considérer comme plus gros que les molécules ordinaires? Les centres positifs seraient, au contraire, constitués par le reste de la molécule gazeuse dont un corpuscule a été détaché, et cette molécule va se trouver à peine diminuée par le départ de ce corpuscule, de masse beaucoup plus petite que la sienne propre.

Puisque, en effet, chaque particule cathodique porte la charge d'un ion, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu, la charge d'un atome d'hydrogène dans l'électrolyse, elle doit être deux mille fois plus petite que l'atome d'hydrogène; les rayons cathodiques sont donc constitués par des corpuscules de masse bien inférieure à celle des atomes. Nous arrivons ainsi à cette conception que l'atome est divisible, et ce n'est pas là une des idées les moins hardies ni les moins importantes par sa portée philosophique que suggère la théorie des ions.

M. Marc Abraham a été plus loin, et ses idées sont confirmées par des expériences de M. Kaufmann; ce physicien emploie pour ses mesures une méthode qu'il désigne sous le nom de méthode des spectres croisés et qui consiste à obtenir un spectre magnétique, perpendiculaire au spectre électrique, d'une radiation émise par une substance radioactive; il semble bien avoir établi que le rapport

de la charge électrique transportée par un corpuscule cathodique à la masse de ce corpuscule est, en réalité, variable lorsque sa vitesse change dans de grandes proportions; quand la vitesse augmente et tend vers la valeur de la vitesse de la lumière, le rapport diminue et semble bien tendre vers zéro.

Or, il est naturel d'admettre que la charge électrique reste invariable; ce serait alors la masse qui changerait et, par suite, si le rapport tend vers zéro, on doit considérer la masse comme tendant vers l'infini; pour comprendre ce résultat singulier, il faut envisager cette masse comme une masse entièrement électromagnétique : l'électron ne serait autre chose qu'une charge électrique distribuée sur un volume ou une surface de dimensions très petites. Les phénomènes qui se produisent dans ce que nous appelons la matière et ceux qui ont leur siège dans l'éther ne seraient donc pas essentiellement différents, et les rayons X, qui ont la vitesse de la lumière, ne seraient, sans doute, que des rayons cathodiques pour lesquels la vitesse a acquis sa valeur limite.

A côté de ces théories fondées sur des expériences de mesure et qui s'appuient sur des calculs rigoureux, divers auteurs ont développé des conceptions un peu aventurées parfois, mais qui ne manquent pas d'intérêt. M. G. Lebon, à qui l'on doit de nombreuses publications relatives aux phénomènes d'émission de divers rayonnements par la matière et qui fut certainement l'un des premiers à penser que la radio-activité est un phénomène général de la Nature, admet que, sous des influences très diverses, lumière, action chimique, actions électriques, et souvent même spontanément, les atomes des corps simples peuvent se dissocier et émettre des effluves qui sont de la famille des rayons cathodiques et des rayons X; mais toutes ces manifestations seraient des aspects particuliers d'une forme d'énergie entièrement nouvelle, entièrement distincte de l'énergie électrique et aussi répandue dans la Nature que la chaleur. M. de Heen adopte des idées analogues et s'attache surtout à établir que l'on peut passer par degrés successifs de la matière à la substance que l'on a appelée éther par l'intermédiaire des rayons cathodiques et des rayons X.

On sait que, pour J.-J. Thomson, l'existence de la matière à l'état corpusculaire expliquerait non seulement les décharges dans les gaz, mais encore les phénomènes de conductibilité électrique des métaux comme ceux de la conductibilité des électrolytes. La matière corpusculaire pénétrerait dans les corps métalliques; partant de cette idée, l'éminent physicien établit que, si un conducteur est placé dans un champ, les corpuscules doivent décrire une cycloïde : leur chemin est ainsi allongé et la résistance électrique doit croître; si le champ est dans la direction du déplacement, ils décrivent des hélices autour des lignes de force, et la résistance est encore augmentée; ce résultat paraît être confirmé par divers expérimentateurs. Dans le même ordre d'idées, M. Hesehus explique comment se produit l'électrisation au contact, par la tendance qu'auraient les corps à égaliser leurs propriétés superficielles au moyen d'un transport d'ions négatifs, et M. Jeans fait voir que l'on retrouverait les lois bien connues de la distribution sur les corps conducteurs en équilibre électrostatique.

Le transport des corpuscules ne se traduit pas, cependant, dans la conductibilité métallique par des variations de masse sensibles. M. Riecke a pris, en effet, un cylindre d'aluminium pressé entre deux cylindres de cuivre et il a envoyé dans ce système pendant toute l'année un courant capable de déposer plus d'un kilogramme de cuivre; le poids des cylindres n'a, cependant, pas varié d'un cinquantième de milligramme.

Les hypothèses atomiques séduisent en ce moment tous les esprits : Lord Kelvin a, lui aussi, depuis quelque temps, développé divers calculs où il montre que l'on peut, par des images de ce genre, expliquer soit les grands phénomènes astronomiques, soit les manifestations électriques. L'illustre savant a tout récemment exposé une théorie nouvelle de l'électricité. Dans sa manière de voir, il n'y aurait, comme dans l'antique théorie d'Æpinus, qu'un seul fluide électrique; ce fluide serait composé de particules égales, très petites, beaucoup plus petites que celles qui constituent la matière; il appelle ces particules des *électrions*; ces électrions seraient répandus partout, ils pénétreraient aussi bien la matière que le vide. Les atomes de matière se repoussent entre eux, les électrions se repoussent également; mais les atomes et les électrions exercent les uns sur les autres des attractions réciproques; les attractions et les répulsions ont lieu en raison inverse du carré de la distance des centres des atomes et des électrions supposés sphériques: de sorte que, quand l'électrion est à l'intérieur d'un atome, il est attiré par une force proportionnelle à sa distance au centre. Les électrions sont chargés de l'électricité que l'on appelle ordinairement négative; un atome qui ne renferme pas d'électrions agit comme un corps chargé d'électricité positive. Lord Kelvin, en étudiant les forces et les déplacements qui existent dans un tel assemblage, parvient à expliquer l'électrisation par frottement et par contact, et aussi, d'une façon très intéressante, tous les phénomènes électriques qui se produisent dans les cristaux.

VI. — Théorie de Lorentz ; Électrodynamique des corps en mouvement.

De toutes les théories imaginées en Électricité et en Optique depuis quelques années, celle qui forme l'ensemble le plus complet et le plus satisfaisant au point de vue mathématique est, sans conteste, la théorie de Lorentz; nous avons déjà indiqué ici le principe de cette théorie et signalé les découvertes importantes auxquelles elle avait conduit[1]. Pour M. Lorentz, les phénomènes électriques sont dus à des petits corps matériels extrêmement ténus, chargés d'une quantité constante d'électricité qui y adhère ; ces ions ou électrons se déplacent librement, mais avec frottement, dans les conducteurs ; ils ne peuvent, au contraire, s'écarter que fort peu dans les diélectriques de leur position d'équilibre, et, dès qu'ils s'en écartent, il apparaît une force antagoniste qui est due à l'action des ions voisins et qui tend à les y ramener; en vibrant, ces ions donnent lieu à des ondes électromagnétiques qui se propagent ; le magnétisme n'existe pas en lui-même, les courants particulaires d'Ampère expliquent les phénomènes magnétiques.

Pour rendre compte de toutes les apparences du phénomène de Zeeman, qui, comme on le sait, avait été prévu par M. Lorentz, il faut compliquer malheureusement un peu la théorie ; M. Lorentz a émis l'hypothèse que les ions sont complexes et formés d'un système dynamique comprenant plusieurs points matériels qui pourront être assujettis à des mouvements quelconques. Moyennant cette complication (qui n'est pas, d'ailleurs, très éloignée des considérations auxquelles les phénomènes produits par les radiations ont, comme nous l'avons exposé précédemment, amené divers physiciens), la théorie paraît très satisfaisante ; elle explique généralement, — malgré certaines difficultés qui existent relativement à la vérification du principe de l'égalité de l'action et de la réaction et que M. H. Poincaré a signalées, — tous les phénomènes connus de l'Électricité et de l'Optique, même ceux, comme l'aberration de la lumière, l'entraînement partiel des ondes lumineuses, la polarisation magnétique, l'effet Zeeman, dont l'interprétation dans les idées de Maxwell paraît difficile.

La théorie de Lorentz conduit, comme celle de Maxwell, à prévoir que, si l'on fait mouvoir dans un champ magnétique, normalement aux lignes de force de champ, une masse isolante, il se produira dans cette masse un déplacement analogue à celui dont Faraday et Maxwell admettent l'existence dans le diélectrique d'un condensateur chargé. M. H. Poincaré a fait observer que, suivant que l'on adopte l'une ou l'autre des manières de voir, la valeur de ce déplacement ne serait pas la même ; cette remarque est fort importante, car elle peut conduire à une expérience qui permettrait de choisir définitivement entre les deux théories.

Pour avoir le déplacement évalué d'après Lorentz, il faudrait multiplier le déplacement calculé d'après Hertz par un facteur représentant le rapport entre la différence des pouvoirs inducteurs spécifiques du diélectrique et du vide et le premier de ces pouvoirs ; si donc on prend comme diélectrique l'air, dont le pouvoir inducteur spécifique est sensiblement le même que celui du vide, le déplacement sera nul dans l'idée de Lorentz ; il aura, au contraire, une valeur finie d'après Hertz. M. Blondlot a fait l'expérience : il a lancé un courant d'air dans un condensateur placé dans un champ et jamais il n'a pu constater la moindre trace d'électrisation ; par suite, il ne se produit aucun déplacement dans le diélectrique. L'expérience, étant négative, est évidemment moins probante qu'une expérience qui conduirait à un résultat positif, mais elle fournit un argument très puissant en faveur de la théorie de Lorentz.

Les lecteurs de la *Revue* savent qu'une expérience de M. Crémieu, sur laquelle on a beaucoup discuté et l'on discute encore, est venue remettre en question la solidité de tous les édifices qui paraissaient le mieux construits dans le domaine de l'Électrodynamique. Nous n'insisterons pas beaucoup, malgré son importance, sur le travail de M. Crémieu et sur la discussion des résultats qu'il a obtenus, puisqu'un article spécial[1] a été consacré à ce sujet.

Dans les idées généralement admises, un transport par convection d'une charge électrique doit équivaloir à un courant : c'est là un principe fondamental, aussi bien pour la théorie de Lorentz que pour la théorie de Hertz ; on sait que Rowland a fait une expérience classique où il avait cru établir irréfutablement qu'il en était bien ainsi. Avec une habileté expérimentale très remarquable, M. Crémieu a recommencé l'expérience de Rowland : il a fait tourner un disque d'ébonite doré et électrisé, en s'efforçant d'éliminer toutes les causes d'erreurs provenant de la dissymétrie de l'appareil et qui peuvent fausser les résultats ; il croit pouvoir affirmer que ce mouvement d'électricité ne provoque aucun phénomène d'induction, que le courant de convection ainsi produit n'agit pas non plus sur l'aiguille aimantée.

Si, dans ces conditions, la convection électrique n'équivaut pas à un courant, il sera possible d'ob-

[1] Voir les revues de Physique de 1898 et 1899.

[1] Voir l'article de M. H. Poincaré : A propos des expériences de M. Crémieu, 1902, p. 1156 ; voir aussi l'analyse de la thèse de M. Crémieu, 1902, p. 981.

tenir un courant *ouvert*, car on pourra maintenir par convection une différence de potentiel constante entre deux points reliés par un conducteur, et tout le long de ce conducteur il y aura un champ magnétique dont les lignes de force ne se fermeront pas. Sur les conseils de M. H. Poincaré, M. Crémieu a imaginé un dispositif qui lui a permis de réaliser l'expérience: il estime avoir obtenu un courant ouvert. Ce résultat, entièrement en désaccord avec toutes les idées reçues depuis Maxwell, ne serait pas moins gros de conséquences que le premier.

Des objections nombreuses ont été faites au sujet de la méthode et des conclusions; pour tenir compte des observations de MM. Potier, Blondlot, Lippmann, Pellat, Poincaré, des critiques de Lord Kelvin, de MM. Wilson, Schuster, Pocklington, M. Crémieu a varié de la façon la plus ingénieuse et avec une activité infatigable son mode opératoire; mais, comme l'a dit M. Larmor, le résultat obtenu est si nettement en contradiction avec ce qui nous paraît vraisemblable, que l'on réclame de M. Crémieu, pour être convaincu, beaucoup plus d'évidence que de la part de ses contradicteurs.

D'ailleurs, M. Pender, qui avait, sur les conseils de Rowland, avant la mort de cet illustre savant, entrepris de nouvelles expériences, et qui les a poursuivies depuis en s'entourant, lui aussi, de toutes les précautions possibles, annonce un résultat positif, absolument en contradiction avec celui de M. Crémieu. Il est extrêmement désirable que ces deux habiles expérimentateurs puissent se trouver un jour prochain dans des conditions où ils pourraient répéter ensemble une expérience qui est fondamentale pour la science et dont la portée philosophique est considérable.

Continuant, de son côté, ses recherches, M. Crémieu a signalé récemment deux faits nouveaux qui interviennent certainement dans toutes les expériences de convection: d'une part, il constate des anomalies dans la manière d'être de la charge électrostatique que prennent des conducteurs isolés sur des diélectriques solides; d'autre part, il trouve qu'en dehors de l'effet hypothétique de la convection, un système magnéto-astatique ou une bobine induite, contenus dans un écran électrique fermé, peuvent être soumis à des actions magnétiques particulières, capables de dévier fortement l'aiguille aimantée et même de la désaimanter.

On peut dire, en résumé, que, si les expériences de M. Crémieu ne sont pas définitives, elles prouvent au moins qu'un résultat que l'on considérait comme acquis n'est pas établi d'une façon suffisamment solide et que la question que l'on croyait close reste, au contraire, ouverte.

VII. — Les oscillations électriques; la télégraphie sans fil.

Quoi qu'il advienne des théories modernes de l'Électrodynamique, les découvertes qu'elles ont inspirées subsisteront; et, parmi celles-ci, les découvertes de Hertz, inspirées par les idées de Maxwell, conserveront toujours une place prépondérante. Nous avons commencé la revue des progrès récents accomplis dans une des parties de la Physique en parlant des radiations qui sont au delà même de l'ultra-violet, dont la période est extrêmement courte; il est naturel de terminer ce premier article en nous occupant des vibrations les plus lentes que nous connaissions, c'est-à-dire des oscillations électriques.

Dans leur ensemble, les oscillations hertziennes sont aujourd'hui parfaitement connues, mais il reste encore bien des points de détail à élucider; soit sur la manière dont fonctionnent les appareils producteurs et récepteurs, soit sur les propriétés des ondes, des résultats intéressants ont été, dans ces derniers temps, acquis par divers physiciens.

M. Johnson a développé une nouvelle théorie de l'excitateur de Hertz, d'où il a déduit une formule applicable à tous les résonateurs et à tous les excitateurs. M. Turpain, continuant de belles études qu'il poursuit depuis plusieurs années, a examiné les conditions où fonctionne le résonateur de Hertz et le résonateur à coupure; il place non seulement le résonateur, mais encore la partie du champ hertzien qui environne ce résonateur, dans l'air raréfié, et il obtient ainsi une sorte de spectre du champ qui lui fournit de précieux renseignements sur ce champ. M. Beaulard étudie la différence de potentiel aux bornes d'un micromètre entre les boules duquel éclate une étincelle ayant un caractère oscillatoire; il montre que, conformément aux idées développées par M. H. Poincaré et M. Bjerkness, la vibration a une forme pendulaire très amortie. Miss H. Brooks réussit également à manifester l'amortissement des oscillations provenant de la décharge d'un condensateur, en utilisant un indicateur magnétique décrit par M. Rutherford; des fils de fer parcourus par la décharge donnent un amortissement beaucoup plus grand que des fils métalliques ne possédant pas de propriétés magnétiques. MM. Lussana et Cardani montrent que l'on obtient un allongement considérable de l'étincelle d'un excitateur par l'introduction d'un diélectrique solide entre les boules; l'allongement est particulièrement notable quand le diélectrique est en contact avec l'anode ou au voisinage de celle-ci; cet effet est distinct de celui que produiraient de petits conducteurs isolés, substitués au diélectrique.

MM. A. Batelli et Magri ont publié un travail très complet sur les décharges oscillatoires, où ils ont obtenu de bonnes mesures de la période d'oscillation.

Signalons aussi les travaux de M. Gutton, qui, avec beaucoup d'habileté et de soin, a réussi à élucider un certain nombre de questions intéressantes; en dernier lieu, M. Gutton a pu montrer, par des mesures précises, que la longueur d'onde d'un résonateur ne change pas lorsque l'on plonge dans l'eau le résonateur et les fils de transmission primitivement plongés dans l'air. M. Blondlot avait démontré qu'il devait bien en être ainsi dans le cas de milieux isolants dont les propriétés électriques et magnétiques ne dépendent que de la constante diélectrique. Mais, lorsqu'il s'agit d'un milieu magnétique, ou encore, comme c'est le cas pour l'eau, d'un milieu conducteur, et qui présente une absorption notable pour les ondes électriques, la question n'était pas résolue *a priori*; seule, l'expérience pouvait répondre.

Les analogies qui existent entre les ondes hertziennes et les ondes sonores conduisent à combiner de curieux dispositifs expérimentaux; c'est ainsi, par exemple, que M. Becker construit des tubes à interférence semblables aux tubes à interférence de Quincke et de Kœnig. Toutefois, de semblables comparaisons doivent être faites avec quelques précautions, ainsi qu'il résulte bien d'un remarquable travail de M. Lamotte. Ce physicien a fait voir que, quel que soit l'appareil employé pour produire des ondes dans un système de deux fils parallèles, que l'on utilise, comme dans le dispositif de Lecher, un effet de capacité ou, comme dans celui de Blondlot, un effet d'induction mutuelle, l'uniformité du système est détruite: la capacité et l'induction propre par unité de longueur ne sont plus constantes, mais présentent, dans la région où se trouvent les condensateurs de l'appareil de Lecher ou les cercles d'induction de l'appareil de Blondlot, des valeurs différentes de celles qu'elles prennent le long des fils parallèles; ces appareils ne forment donc pas, comme on aurait pu le croire, l'analogue d'une corde musicale, mais bien plutôt d'une corde surchargée; moyennant cette remarque, l'analogie entre les tons supérieurs acoustiques et les tons supérieurs électriques se poursuit dans les moindres détails.

Au sujet de la propagation des ondes, de leur absorption par divers milieux, nos connaissances commencent à se préciser. M. Chant confirme bien par de nouvelles expériences ce résultat, prévu par la théorie et déjà trouvé par d'autres expérimentateurs, que la nature du métal n'influe pas sur la propagation des ondes par des fils conducteurs. M. Lindmann montre que, conformément à un calcul de M. H. Poincaré, l'onde réfléchie métalliquement se montre toujours polarisée rectilignement et non, comme l'avait cru Righi, circulairement ou elliptiquement. M Drude a continué ses belles recherches sur l'absorption des ondes, et M. Kauffmann a vérifié que, conformément aux prévisions de M. Drude, le groupe OH donne aux corps dans la constitution desquels il entre des propriétés absorbantes; les molécules qui absorbent les oscillations ont, d'ailleurs, en général, des liaisons peu stables; il existe une stabilité critique pour laquelle l'absorption passe par un maximum.

L'application la plus populaire des oscillations électriques, je veux dire la télégraphie sans fil, continue à être l'objet de nombreux travaux; petit à petit ce mode de communication cesse d'être une simple curiosité pour entrer dans le domaine pratique. Nous avons exposé ici même, dès le début[1], les raisons théoriques qui nous faisaient penser que ce système ne pourrait pas, de longtemps au moins, remplacer complètement les systèmes anciens de la télégraphie, et nous ne voyons aucune raison nouvelle qui puisse modifier notre manière de voir; mais il est certain que, dès à présent, le procédé rend, dans des cas particuliers, des services signalés et que de très brillants résultats ont été récemment obtenus.

Au point de vue scientifique, diverses expérimentations ont établi des faits qui méritent d'être retenus: les uns sont relatifs aux conditions particulières où se trouvent les oscillations que l'on rencontre dans la télégraphie, les autres concernent plus particulièrement l'étude des appareils enregistreurs.

M. Max Wien montre que, dans les systèmes Marconi, Slaby, Arco, etc., où le transmetteur et le récepteur se composent essentiellement d'un fil vertical isolé, les oscillations étant produites dans le transmetteur lui-même, qui est chargé à un certain potentiel, puis se décharge dans le sol, l'ensemble du système est assimilable à un vibrateur et à un résonateur de Hertz, présentant par suite un assez fort amortissement. Or, M. Wien établit, d'autre part, que, pour qu'un récepteur puisse nettement séparer les signaux envoyés par divers transmetteurs, il faut que le maximum de la courbe de résonance soit plus aigu, c'est-à-dire que l'amortissement des ondes soit plus petit. A cet égard, un dispositif préconisé par M. Braun constitue un grand progrès: dans ce dispositif, les oscillations sont produites dans un système fermé,

[1] Voir L. Poincaré : Le problème de la transmission de l'énergie à distance par les milieux à propos des essais de télégraphie sans fil. *Revue gén. des Sciences* du 30 Janvier 1898.

partant à faible amortissement, et transmises à l'antenne, soit par conduction, soit par induction électro-magnétique.

M. Turpain d'un côté, M. Branly de l'autre, étudient l'influence d'une enceinte presque close entourant l'excitateur ou le récepteur sur l'émission et la réception des ondes. M. de Broglie, en substituant au cohéreur un ampèremètre thermique, obtient des indications précises sur les circonstances qui peuvent modifier l'onde à son émission.

Le mode de fonctionnement du cohéreur est aujourd'hui beaucoup mieux connu: on sait que M. Blondel a fait voir qu'il existe une tension critique, c'est-à-dire une force électromotrice minima qui, appliquée continuellement, empêche le tube de se décohérer nettement après le choc, et que cette tension peut varier par changement de pression. M. Tissot, employant des électrodes polarisées, c'est-à-dire un radio-conducteur placé dans un champ magnétique, montre que ce radio-conducteur présente aussi une tension critique, que l'on peut faire varier par une variation du champ. M. Ketterer étudie les rapports entre la force électromotrice et la résistance du tube; il établit que le minimum de résistance a lieu pour une intensité de courant d'autant plus faible que la self-induction du circuit est plus grande.

Frappé de ce fait que la multiplicité des contacts et la modification que la frappe fait subir aux surfaces en présence rendent parfois le jeu des cohéreurs ordinaires fort irrégulier, M. Branly a cherché un moyen sûr d'obtenir des tubes sensibles et constants; il obtient les meilleurs résultats en se servant du contact métal oxydé-métal poli. Cet ingénieux physicien a, d'ailleurs, apporté toute une série de perfectionnements aux appareils de télégraphie sans fil en établissant un récepteur avantageux, en augmentant la vitesse d'inscription et en supprimant le frappeur indépendant.

Le principe fondamental de la télégraphie sans fil est l'emploi des ondes électriques, mais l'organe sensible qui doit les déceler n'est pas nécessairement un radio-conducteur; or, on a fait, bien des fois déjà, des essais pour substituer à cet appareil d'autres dispositifs, mais, jusqu'à présent les résultats avaient été médiocres. M. Marconi a annoncé récemment qu'il venait de substituer au cohéreur un détecteur fondé sur un phénomène nouveau. D'après M. Marconi, l'hystérésis du fer diminue quand on envoie sur ce fer des oscillations hertziennes; si donc on soumet le noyau magnétique d'une bobine à un cycle d'aimantation et que ce noyau reçoive des ondulations électriques, on pourra obtenir des phénomènes d'induction, qui produiront à leur tour dans une bobine secondaire des courants très sensibles au téléphone. M. Marconi estime que, par ce moyen, les résultats sont plus sûrs et plus sensibles que par le procédé qu'il avait tout d'abord appliqué et qui lui avait été suggéré par les expériences de M. Branly sur les tubes à limaille; en fait, grâce à l'emploi du détecteur magnétique, grâce surtout à l'utilisation d'une quantité d'énergie énorme, M. Marconi a, dans des expériences toutes récentes, obtenu des communications sûres jusqu'à une distance de 1.500 kilomètres[1].

VIII. — Applications des découvertes récentes à l'étude des phénomènes cosmiques.

On ne saurait douter que, dans ces espaces vides ou dans ces atmosphères à basse pression qui constituent l'immensité de l'Univers, il se produise en grand des phénomènes analogues à ceux que nous observons en proportion bien modeste dans nos tubes raréfiés; il doit, par exemple, dans le système du Monde, se produire des décharges électriques formidables, des émissions de radiations complexes, des dissociations et des décompositions multiples Toutes les découvertes récentes dont nous venons de donner un rapide aperçu ont leur application dans ce laboratoire infini de la Nature; mais nous sortirions du cadre qui nous est réservé ici, si nous insistions sur des phénomènes qui appartiennent avant tout au domaine de l'Astronomie.

Nous pouvons, d'ailleurs, renvoyer le lecteur à deux articles spéciaux publiés par la *Revue* et qui sont relatifs à ces questions passionnantes. M. S. Arrhenius a montré ici même[2] le rôle que devaient jouer dans la production de divers phénomènes célestes les rayons cathodiques qui émanent probablement du Soleil, et M. Nordmann[3] a invoqué les oscillations hertziennes, qui, selon lui, seraient envoyées par le Soleil, pour expliquer un certain nombre de faits.

On peut dire sans exagération que, grâce aux travaux récents des physiciens, l'Astronomie physique est en train de se renouveler complètement et qu'un champ de recherches immense, inconnu hier encore, s'ouvre aujourd'hui devant les astronomes. Il ne nous appartient pas de pénétrer dans ce domaine, mais nous voulons cependant signaler les belles recherches de M. Deslandres, qui est certainement l'un des savants qui ont le plus nettement précisé et discuté les problèmes grandioses qui se posent dans cet ordre de questions; il a montré com-

[1] La *Revue* reviendra ultérieurement sur ces remarquables expériences.

[2] S. Arrhenius : La cause de l'aurore boréale. *Revue gén. des Sciences*, du 30 janvier 1902, p. 65.

[3] Ch. Nordmann : Recherches sur le rôle des oscillations hertziennes en Astronomie physique. *Revue gén. des Sciences*, 1902, p. 379.

ment l'hypothèse des rayons cathodiques, appliquée successivement au Soleil, aux comètes, à la Terre, aux nébuleuses, explique bien des faits qui, au premier abord, paraissent des plus énigmatiques.

Un chapitre fort intéressant, mais plus limité, où se fait également sentir l'influence des découvertes de ces dernières années, est celui qui comprend l'étude de l'électricité atmosphérique. MM. Elster et Geitel, étudiant la déperdition d'un conducteur électrisé dans l'air libre, ont émis cette idée qu'il existe normalement dans l'air des ions libres électrisés; les ions positifs et négatifs ont des charges égales, mais des vitesses et des concentrations différentes; il résulte de là qu'une surface de niveau est traversée par un double courant et que la charge d'un corps doit se neutraliser petit à petit. Comme la concentration des ions a une faible valeur, ils ne peuvent exercer une action mesurable sur l'état magnétique du Globe, mais ils peuvent déterminer les courants électriques verticaux signalés par Bacer pour les régions étendues que définit l'état de la circulation atmosphérique.

Si l'ionisation est due à des rayons venant du Soleil, elle doit croître au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère. MM. Elster et Geitel ont montré, dans des ascensions en ballon, que la rapidité de décharge d'un conducteur croît lorsqu'on s'élève. M. Ebert, par des observations analogues faites également en ballon, à diverses époques de l'année, comparativement à des mesures effectuées simultanément au niveau du sol, est arrivé à des résultats semblables; toutefois, ce physicien trouve que, si les vitesses de déperdition des deux électricités augmentent, leur rapport reste sensiblement le même, tandis que M. Lenard observe que, sur des montagnes, la déperdition positive est aussi active que la négative.

Dans d'autres expériences, MM. Elster et Geitel ont réussi à mettre directement en évidence l'existence d'ions dans l'atmosphère; un fil isolé, placé à 50 mètres du sol, se charge spontanément et, quand on le frotte avec un morceau de peau imbibé d'ammoniaque, on peut tirer de ce morceau de peau des manifestations radio-actives.

L'ensemble de tous les faits que nous venons de brièvement exposer montre combien, dans ces régions neuves de la Physique, les hypothèses atomiques, que l'on pouvait croire il y a quelques années sur leur déclin[1], ont repris aujourd'hui d'importance; complaisamment, elles se prêtent à l'interprétation des phénomènes nouveaux, et nous verrons, quand nous étudierons, dans un second article, les progrès réalisés dans les autres parties, plus anciennement découvertes, de la Physique, que là aussi elles jouent un rôle prépondérant.

Dans ce concert parfait, une seule note discordante s'est fait récemment entendre : les expériences de M. Crémieu sont en contradiction avec les théories électrodynamiques qui concordent avec l'hypothèse des ions; toutefois, il convient de remarquer que, malgré le soin très remarquable apporté à ses expériences, malgré son extrême ingéniosité, ce physicien n'a pas entraîné toutes les convictions.

Aussi bien, si ses idées finissaient par triompher, les théories électrodynamiques devraient certainement être modifiées, mais ce n'est pas à dire qu'elles seraient complètement abandonnées. Il est permis de penser qu'elles rendent encore des services trop précieux pour que l'on ne fasse pas des efforts pour les conserver, et, en ce qui concerne du moins les théories relatives aux ions, il semble bien que l'on pourrait soutenir qu'un ion, enfermé dans un diélectrique solide en mouvement, n'équivaut pas à un ion mobile dans le vide ou dans un gaz; une hypothèse de plus, dirait un sceptique, n'est pas faite pour embarrasser un théoricien un peu audacieux et persévérant[2].

Lucien Poincaré,
Inspecteur général de l'Instruction publique.

---

[1] Voir par exemple l'article retentissant de M. Ostwald, publié en 1895, par la *Revue gén. des Sciences*, p. 953, et intitulé : La déroute de l'atomisme contemporain.

[2] La seconde partie de cet article, relative aux travaux récemment exécutés dans les régions de la Physique plus anciennement explorées, paraîtra le 30 janvier.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Alezais (Raymond). — **Sur une classe de Fonctions hyperfuchsiennes.** (*Thèse pour le doctorat de la Faculté des Sciences de Paris*). — *1 brochure in-4° de 196 pages. Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1902.*

Soit une fonction y de n variables complexes $x....$, x_n. On peut se proposer le problème suivant : définir y par la condition d'éprouver une modification donnée (par exemple, de rester invariante), quand on opère sur les x une modification donnée (par exemple, une substitution s, linéaire, fractionnaire, à coefficients constants). Ces recherches ont un grand intérêt : le cas $n = 1$ a été, pour M. H. Poincaré, le point de départ dans l'invention des fonctions fuchsiennes ; le cas $n = 2$ a conduit M. Picard aux fonctions hyperfuchsiennes et hyperabéliennes. M. Alezais continue les recherches de M. Picard.

On prend une certaine intégrale abélienne U, dans l'élément de laquelle figurent deux paramètres x et y. Ces deux quantités sont fonctions hyperfuchsiennes homogènes de trois valeurs u_1, u_2, u_3 de U, calculées le long de trois contours convenables. Quand on déplace, d'une certaine façon, les points critiques de U, x et y ne changent pas, tandis que les u subissent une substitution s ternaire. L'auteur fait la construction complète de ces substitutions ; elles ont la propriété de laisser invariante une certaine forme bilinéaire et peuvent, jusqu'à un certain point, être définies par cette condition.

Une dernière partie est consacrée aux fonctions thêta. Quand, sur la surface de Riemann, on change le système des rétrosections, la fonction thêta subit une modification connue et les périodes une substitution s.

La thèse, qui représente une somme de travail énorme, fournit une intéressante contribution à la théorie tant des fonctions hyperfuchsiennes que des groupes linéaires.

LÉON AUTONNE,
Maître de Conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lyon.

Witz (Aimé), *Docteur ès sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.* — **La Machine à vapeur.** — *1 vol. in-16 de 396 pages ; 2e édition, revue et augmentée, avec 117 figures intercalées dans le texte.* (*Prix : 5 fr.*). *J.-B. Baillière et fils, éditeurs. Paris, 1902.*

Le savant professeur de Lille, bien connu par ses remarquables études sur les moteurs thermiques, vient de publier, dans la *Bibliothèque industrielle et technologique*, une seconde édition de son exposé élémentaire de *la Machine à vapeur*. On sait que les travaux de M. Witz ont surtout porté sur les moteurs à gaz. Ayant constaté que ces moteurs transforment en travail utile une fraction de la chaleur disponible notablement plus grande que les machines à vapeur, il a été amené à penser depuis longtemps que, petit à petit, les moteurs à gaz arriveraient à être préférés aux moteurs à vapeur. Bien entendu, le haut degré de perfectionnement qu'a atteint la machine à vapeur, sa convenance pour une foule d'emplois variés, l'habitude qu'on a de la conduire et de la réparer, font que cette substitution ne peut être que graduelle ; aussi, l'étude de la machine à vapeur sera, pendant longtemps encore, utile au point de vue pratique comme au point de vue scientifique, et il est très important que de bons ouvrages élémentaires permettent cette étude aux nombreuses personnes que le sujet peut intéresser. Il est fort heureux que les hommes les plus savants en la matière veuillent bien se reposer un instant de leurs grands travaux pour instruire le grand public, comme le fait aujourd'hui M. Witz.

Ainsi qu'il le dit lui-même dans la Préface, l'éminent ingénieur de Lille a condensé dans un nombre de pages assez restreint la théorie et la pratique des machines à vapeur, en mettant l'une et l'autre à la portée de tous ; il estime que rien d'essentiel n'a été omis, mais que, par contre, tout ce qui n'est pas de première utilité a été laissé de côté.

L'Introduction rappelle les progrès de la machine à vapeur dans le cours de deux siècles : la consommation de houille par cheval-heure est descendue de 30 kilogrammes à 600 grammes.

Le chapitre premier, consacré à la théorie générique de la machine à vapeur, rappelle les deux principes de la Thermodynamique, les propriétés de la vapeur saturée, et étudie le cycle de la machine et son rendement[1].

Le chapitre II étudie cette partie très importante, dite théorie expérimentale de la machine à vapeur, c'est-à-dire les travaux de Hirn et de ses élèves, qui ont montré l'action condensante des parois des cylindres pendant l'admission. L'effet des enveloppes de vapeur et de la vapeur surchauffée, qui a reçu récemment des applications assez importantes, est étudié dans ce chapitre.

Le chapitre III examine les différences si importantes des machines *monocylindriques* et à cylindres successifs.

Le chapitre IV, après avoir rappelé les définitions simples et précises, bien que trop souvent oubliées, de la *force*, du *travail* (force multipliée par parcours) et de la *puissance* (travail divisé par durée), indique comment on détermine, à l'aide des indicateurs et des dynamomètres, la puissance indiquée et effective des moteurs, et comment on calcule les dimensions des cylindres d'une machine devant produire un effet donné.

Le chapitre V examine, d'une manière peut-être un peu sommaire, la distribution par tiroir. On peut regretter que l'auteur n'ait pas donné, à côté de l'épure de Zeuner pour l'étude approchée du mouvement du tiroir, celle de M. de Fréminville, certainement plus directe et plus claire.

Le chapitre VI parle des distributions à déclic à deux tiroirs, de celles à 4 distributeurs de Corliss, et dit quelques mots des distributions par soupapes, qui ont pris une si grande extension en Allemagne et en Suisse.

Le chapitre VII étudie les organes de la machine à vapeur, cylindres, mécanismes, régulateurs, condenseurs, accessoires. Rappelons ici l'admirable étude que Reuleaux donne, dans sa Cinématique, du mécanisme de la machine à vapeur, où il distingue quatre parties essentielles : le bâti avec le cylindre, le piston et sa tige, la bielle, et la manivelle, et où il montre toutes les transformations, en apparence bien différentes l'une de l'autre, que peut subir ce mécanisme sans perdre sa composition élémentaire si simple.

Sous le titre de Monographie des meilleurs types de machines, le chapitre VIII contient une série de descriptions, avec figures, d'une série de moteurs divers pris comme exemples. C'est le chapitre le plus déve-

[1] Dans le calcul de la consommation de la machine fonctionnant suivant le cycle de Carnot, l'auteur, par suite d'une erreur de plume, sans doute, admet que le kilogramme de vapeur d'eau à 160° apporte 655 calories, tandis que la chaleur qu'elle a prise à la *source* chaude n'est que la chaleur de vaporisation, ou 493 calories : il en résulte que le nombre de kilogrammes nécessaires pour produire le cheval-heure est estimé trop bas.

loppé du livre, et c'est celui qui, sans doute, sera le plus utile à la majorité des lecteurs, en précisant leurs idées sur les machines. Le chapitre IX, détaché du précédent, traite des machines à grande vitesse; le chapitre X, des machines locomobiles, demi-fixes et servo-moteurs; le chapitre XI, des machines rotatives et turbo-moteurs.

Enfin le chapitre XII est consacré à l'état présent et à l'avenir des machines à vapeur; il contient un diagramme très intéressant de la répartition de la chaleur produite par le combustible, dont une part assez faible se transforme en travail utile.

Comme on le voit par cette analyse sommaire, la production de la vapeur n'est pas étudiée dans cet ouvrage. Il rendra grand service à tous ceux qui veulent étudier d'une manière élémentaire la machine à vapeur; en toutes ses parties, il est extrêmement clair et facilement compréhensible pour tout lecteur intelligent. On doit féliciter le savant auteur d'avoir su résumer sous une forme aussi simple et aussi lucide tout ce qu'il est vraiment essentiel de connaître en ce qui concerne la machine à vapeur.

Ed. Sauvage,
Professeur à l'École des Mines.

Bertrand (Joseph). — **Eloges académiques** (*Nouvelle série*). — *Avec un Eloge historique de Joseph Bertrand, par* Gaston Darboux. — 1 *vol. in*-16 (*Prix : broché*, 3 *fr.* 50). *Hachette et Cie. Paris*, 1902.

Il a été rendu compte de ce livre dans notre numéro du 30 novembre. Nous en reproduisons ici le titre pour rectifier un lapsus relatif au prix de l'ouvrage, qui est de 3 fr. 50 et non de 12 francs comme nous l'avions indiqué par erreur.

2° Sciences physiques

Wüllenweber (W.). — **Diagramme der elektrischen und magnetischen Zustände und Bewegungen.** — 1 *vol. in*-8° *de* 80 *pages.* (*Prix* : 5 *fr.*). *Johann Ambrosius Barth, éditeur. Leipzig*, 1902.

Dans ce petit livre, l'auteur donne des phénomènes électriques et magnétiques un curieux mode de représentation : l'électricité consisterait en une tension de l'éther, tension reliée à une perturbation dans l'état des molécules baignées par cet éther; si la tension est dirigée de l'extérieur vers la surface d'un corps, cette surface est électrisée négativement, et, si elle est dirigée de la surface vers l'extérieur, la surface est positive. Sans vouloir justifier cette hypothèse, sans même poser ce qui précède à proprement parler comme une hypothèse, l'auteur en fait la base de son système de représentation. Dans les tableaux en couleur dont le volume est abondamment orné, les tensions de l'éther sont représentées par de petites flèches, et, moyennant quelques hypothèses supplémentaires sur les propriétés résultant des tensions de l'éther, on y a figuré les principaux phénomènes électriques et magnétiques. Des tensions dirigées dans le même sens correspondent à une attraction (attractions électriques et magnétiques), et inversement (répulsions électriques et magnétiques, dissociation électrolytique). Si, en un point, les tensions provenant de deux systèmes forment un angle, il y a tendance à une rotation telle que les deux tensions prennent la même direction (orientations électromagnétiques); si cela est impossible, il y aura rotation continue. Le magnétisme se manifeste dans les corps tels que les mouvements de leurs molécules produisent une torsion de l'éther; si les axes de rotation des molécules prennent une direction d'ensemble, l'état d'aimantation apparaît. Et les principes d'où part l'auteur sont assez élastiques pour qu'il les étende facilement à la représentation des courants d'induction, des oscillations électriques, etc.

Ch. Maurain,
Maître de Conférences
à la Faculté des Sciences de Rennes.

Minet (Ad.). — **Die Gewinnung des Aluminiums und dessen Bedeutung für Handel und Industrie.** — 1 *vol. de* 130 *pages.* (*Prix* : 8 *fr.* 75). *W. Knapp, éditeur. Halle a. S.*, 1902.

Le Blanc (Max). — **Die Darstellung des Chroms und seiner Verbindungen mit Hülfe des elektrischen Stromes.** — 1 *vol. de* 110 *pages.* (*Prix : 7 fr.* 50). *W. Knapp, éditeur. Halle a. S.*, 1902.

Les idées de M. Minet sont connues du public scientifique français par les nombreux exposés que cet auteur en a déjà faits; on les retrouve dans le fascicule qui vient de paraître, avec un certain nombre de données nouvelles.

Le sujet traité par M. Le Blanc est beaucoup moins connu; l'auteur l'a subdivisé en trois parties principales : la première traite de la préparation du chrome par électrolyse en solution aqueuse, et par les procédés à haute température (fours électriques); la seconde a pour objet l'obtention des combinaisons du chrome avec les métaux : la troisième, de celles avec les métalloïdes, toujours par voie électrochimique exclusivement. Cette monographie est très documentée en ce qui concerne les sources bibliographiques nombreuses auxquelles elle renvoie.

Ph.-A. Guye,
Professeur de Chimie
à l'Université de Genève.

Moureu (Ch.), *Professeur agrégé à l'Ecole Supérieure de Pharmacie.* — **Notions fondamentales de Chimie organique.** — 1 *vol. in*-8° *de* 292 *pages.* (*Prix* : 7 *fr.* 50). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1902.

Tous ceux qui ont eu occasion de faire de l'enseignement, à un titre quelconque, savent que la Chimie organique est toujours mieux accueillie et mieux comprise par les élèves que la Chimie minérale : ce fait tient à ce que la classification y est plus facile, à ce que les propriétés des corps qu'on y rencontre découlent, le plus souvent, du seul examen de leur formule, à ce que, enfin, on n'y étudie que les combinaisons du carbone, dont la présence constante imprime nécessairement aux molécules organiques un certain nombre de caractères communs.

Mais encore faut-il, pour que ces avantages soient profitables au débutant, que chaque aperçu théorique soit mis exactement à sa place et présenté comme une résultante des connaissances antérieurement acquises; de là, l'obligation de faire précéder l'étude des hydrocarbures, des alcools, des amines, etc., d'autant d'avant-propos distincts dont l'ensemble offre un exposé complet des doctrines organiques.

Ce sont ces têtes de chapitres, éparses dans les Cours, aussi bien que dans les Traités didactiques, que M. Moureu a eu l'heureuse idée de réunir en ses *Notions fondamentales;* nous n'irons pas jusqu'à dire, avec l'auteur, que cet ouvrage constitue une *Introduction à l'étude de la Chimie organique*, car, pour être fructueuse, sa lecture exige une initiation préalable et une connaissance, au moins superficielle, des méthodes en usage pour métamorphoser les combinaisons du carbone; mais nous sommes persuadé qu'il pourra rendre les plus grands services à l'élève qui, à la fin de l'année, voudra revoir rapidement la partie théorique de son cours et surtout se faire une idée exacte des rapports qui existent entre les différentes fonctions organiques.

Le volume, d'une exécution typographique irréprochable, comprend six chapitres, relatifs : 1° aux préliminaires, à l'homologie et à l'isomérie; 2° aux hydrocarbures; 3° aux fonctions oxygénées (alcools, éthers, phénols, aldéhydes, acétones, acides et sucres); 4° aux fonctions azotées (amines, imides, composés azoïques et diazoïques, nitriles, amides, imides, oxines); 5° aux composés organo-minéraux, et 6° aux combinaisons hétérocycliques.

La rédaction est partout d'une limpidité parfaite, et l'ouvrage mis au courant des plus récentes découvertes; le chapitre des sucres y est remarquablement exposé, surtout en ce qui concerne la partie stéréochimique;

les composés uriques y sont présentés comme dérivant tous du noyau *purine* de Em. Fischer; enfin, on y trouve un mot sur l'emploi des composés organo-magnésiens à la synthèse des alcools secondaires ou tertiaires.

En résumé, le petit livre de M. Moureu comble une lacune évidente dans la littérature classique; également recommandable pour le fond et pour la f rme, il nous paraît destiné à venir prendre place dans la bibliothèque de chaque étudiant, à côté du volumineux Traité de Chimie organique. L. Maquenne,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

3° Sciences naturelles

Brunhes (Jean), *Professeur de Géographie à l'Université de Fribourg.* — **Etude de Géographie humaine. — L'Irrigation, ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord.** — 1 *vol in-8° de* XVII-579 *pages.* (*Prix : 15 fr.*). *C. Naud, éditeur. Paris*, 1902.

Nous louerons d'abord M. Jean Brunhes d'avoir, pour sa thèse de doctorat ès lettres, trouvé non pas seulement un sujet, mais une idée géographique. Traiter un sujet, c'est s'enfermer délibérément dans des limites données par la nature des choses; une *Description de la Normandie*, par exemple, ou une *Etude sur le Rhin*, peuvent avoir leur intérêt; encore ne témoignent-elles que médiocrement en faveur de l'originalité d'imagination des auteurs. Trouver une idée géographique, c'est saisir entre certains phénomènes un rapport resté jusqu'alors inaperçu.

Sur la partie occidentale et méridionale du pourtour du bassin de la Méditerranée s'étendent des régions, qui, toutes, ont ce caractère commun d'être médiocrement pourvues de l'élément le plus nécessaire à la vie végétale et à la vie animale : l'eau. Dans la *huerta* de Valence, aussi bien que dans les steppes de l'Ebre; aux Zibans algériens, ainsi qu'au Djérid tunisien, dans toute l'Egypte enfin, la question de l'eau se pose pour l'homme si impérieuse qu'il lui faut ou la résoudre ou disparaître.

En mainte localité, des Pyrénées à l'isthme de Suez, des millions d'hommes vivent uniquement grâce à l'irrigation : les habitants d'Elche, de Biskra et du Fayoum, par ailleurs si dissemblables, ont entre eux ce point commun. M. Brunhes ayant saisi cette similitude, toute une série de questions s'est présentée à son esprit : D'où vient l'eau? ruisselle-t-elle? jaillit-elle? sourd-elle? Comment, et au moyen de quels travaux d'art, l'homme en possession de la précieuse matière l'utilise-t-il? Par quels usages, ou même par quelles lois sa répartition est elle réglée entre les individus d'une collectivité au mieux de leurs intérêts?

M. Brunhes ne s'est pas contenté de rassembler avec une conscience scrupuleuse tous les documents imprimés susceptibles de l'éclairer : il a encore voulu connaître directement et voir de ses propres yeux ces îlots de culture, qui surgissent au milieu des régions arides. Il a donc séjourné à deux reprises en Espagne, visité, en Algérie, non seulement les oasis qui s'égrènent au pied de l'Atlas saharien, mais encore le Mzab et le Souf, où les touristes n'ont guère l'habitude de fréquenter, remonté enfin le Nil jusqu'à Ouady-Halfa.

De ces voyages, il a rapporté des photographies, dont la reproduction vient à propos illustrer son texte, et surtout conservé le souvenir de certains spectacles et de certaines scènes que l'imagination, même aidée des plus sûrs documents écrits, ne saurait inventer. A Lorca, en Espagne, a lieu chaque jour la vente aux enchères des eaux disponibles, et voici une description de la scène : « A 8 heures sonnant, sur un signe du président, le crieur prononce en espagnol les paroles suivantes, d'une voix monotone et chantante, comme on dit des patenôtres, récitées tous les jours, et sans mettre aucun intervalle entre les deux phrases : « En l'honneur du « Saint-Sacrement de l'autel. Qui achète la première *hila* « de Sotellana? » Et immédiatement les cris se font entendre : « *Ocho, nueve, diez reales.* » Les voix se couvrent les unes les autres, les bouches s'ouvrent et vocifèrent, les cous se tendent, les têtes se raidissent en criant. Contre la balustrade en fer, on se presse, on s'écrase presque; car celui qui est le plus près a plus de chance d'être entendu. Le président écoute et suit cette vocifération avec un calme souverain. Puis, tout à coup, il désigne d'un geste vif celui qui a dit le prix le plus élevé. Subitement, tous les cris cessent. Et, dans un silence absolu, celui qui a été désigné à haute voix donne son nom et les secrétaires l'inscrivent ».

Ces matériaux rassemblés en si grand nombre et avec un soin si diligent par M. Brunhes, nous nous demandons cependant s'il n'aurait pas pu les disposer de façon à rendre plus courante la lecture de certains passages de son livre.

L'appareil de notes est si copieux qu'il empiète parfois sur le tiers ou même sur la moitié de la page. Rien de plus nécessaire, assurément, que de citer avec grande précision les références qui signifient : « J'affirme tel fait, et voici mon autorité ». Mais, aux références, l'auteur ajoute des observations, qu'en plus d'un cas il aurait pu, nous semble t-il, fondre dans sa narration, au plus grand profit de celle-ci. Il aurait ainsi évité au lecteur d'avoir trop souvent à partager son attention entre le récit en gros texte et les notes en petit texte.

Nous aurions aussi dressé la bibliographie d'après une méthode différente de celle que l'auteur a adoptée : alors qu'il avait à sa disposition tous les éléments d'une excellente bibliographie critique, il a cru préférable de composer un *Index*, dans lequel les ouvrages se suivent d'après l'ordre alphabétique des noms d'auteurs. Or, je suppose un lecteur désireux de savoir rapidement quelles sont actuellement les publications relatives à ce sujet particulier : « L'irrigation en Egypte », quel est le caractère particulier de chacune d'elles, et quel est leur mérite respectif. Je crains que l'Index de M. Brunhes ne le satisfasse qu'à demi, puisqu'il lui faudra, la plume à la main, extraire de cette longue liste de documents, livres et articles, qui ne couvre pas moins de quarante-huit pages, ceux qui l'intéressent spécialement. Il eût mieux valu, à notre avis, répéter dans la bibliographie les divisions du livre même, et répartir en trois groupes les publications relatives : 1° à la Péninsule Ibérique; 2° à l'Algérie-Tunisie; 3° à l'Egypte.

Il aurait fallu, dans chacune de ces divisions, ensuite établir des sections. Les ouvrages relatifs à l'Egypte, par exemple, pouvaient, j'en ai fait l'épreuve, être rangés sous quatre chefs : A. Documents officiels (Rapports de Sir Scott C. C. Moncrieff, de Sir W. E. Garstin, de Lord Cromer, documents émanant de l'administration des Domaines et du Ministère des Finances égyptiens, etc.); B. Ouvrages particuliers relatifs à l'irrigation et à la culture en Egypte; C. Ouvrages généraux sur l'Egypte; guides; D. Cartes géographiques. Enfin, on aurait pu, en quelques mots, indiquer le mérite et l'intérêt de chacune de ces publications. Pour éviter de donner à cette bibliographie une longueur démesurée, nous eussions, d'ailleurs, résolument supprimé toute mention des grands manuels scientifiques, et de certains traités généraux d'hydraulique.

Ces légers défauts ne doivent pas nous cacher les très grands mérites de l'ouvrage de M. Brunhes. Il augmente d'une unité la collection de ces thèses, si longuement et si sérieusement étudiées, que l'on soumet chaque année au jugement de la Faculté des Lettres de l'Université de Paris, et qui lui font honneur. Mais ce n'est pas seulement aux savants qu'il s'adresse. L'irrigation a un intérêt si considérable pour notre Algérie et notre Tunisie, que les administrateurs, les ingénieurs, les colons doués d'une certaine culture intellectuelle, trouveront profit, non seulement à le lire, mais à l'étudier de près. Henri Dehérain,
Docteur ès lettres,
Sous-Bibliothécaire de l'Institut.

4° Sciences médicales

Grasset, *Professeur de Clinique médicale à l'Université de Montpellier.* — **Les Maladies de l'Orientation et de l'Equilibre.** — 1 *vol. in-8° de* 274 *pages de la Bibliothèque scientifique internationale.* (*Prix* : 6 *fr.*). *Félix Alcan, éditeur. Paris,* 1902.

« Nous avons, dit M. Grasset, la faculté de reconnaître la position respective des diverses parties de notre corps, les unes par rapport aux autres; nous pouvons dire si notre jambe est fléchie ou étendue, si nous allongeons le bras ou retirons le pied. C'est le *sens des attitudes segmentaires* de Pierre Bonnier.

« Nous avons, en second lieu, la faculté de reconnaître la position dans l'espace de notre corps entier : savoir si nous sommes couchés, debout, en mouvement, en rotation. C'est l'*orientation subjective directe* de Pierre Bonnier.

« Enfin, nous avons la faculté d'orienter les objets qui nous entourent, soit entre eux, les uns par rapport aux autres, soit par rapport à notre corps; nous savons en apprécier la forme et les dimensions, la situation, leur éloignement de notre corps. C'est l'*orientation objective* de Pierre Bonnier. »

En somme, l'*orientation*, faculté complexe, est une sorte de jugement, conscient ou non, résultant d'une série de sensations qui nous renseignent sur la position des diverses parties de notre corps les unes par rapport aux autres, sur la position de notre corps dans l'espace, sur la position des objets environnants, les uns par rapport aux autres et par rapport à notre corps.

L'*equilibre* est la conséquence et la résultante de l'orientation.

D'après les sensations d'orientation, des ordres, conscients ou automatiques, vont influencer les contractions, les relâchements et le tonus musculaires. Le résultat de l'exécution de ces ordres est l'équilibre, soit des diverses parties du corps les unes par rapport aux autres, soit du corps entier dans l'espace environnant. Cet équilibre, qui est une fonction constante, doit être maintenu, que le corps soit au repos ou qu'il soit en mouvement. Il y a donc là, à vrai dire, deux fonctions différentes qui se complètent : une fonction *centripète* d'orientation et une fonction *centrifuge* d'équilibre, l'ensemble des deux constituant la *fonction d'équilibration.*

M. Grasset étudie, dans son livre, les maladies de l'*appareil de l'équilibration.*

Cet appareil n'existe entièrement ni dans le cerveau, ni dans le cervelet, ni dans la protubérance, ni dans le bulbe, ni dans la moelle.

Il emprunte à toutes les parties de l'axe nerveux les éléments anatomiques nécessaires et utiles à son fonctionnement complet et parfait. C'est pourquoi les maladies de l'orientation et de l'équilibre ne peuvent être étudiées ni avec les maladies du cerveau, ni avec celles de la moelle. Le grand appareil cérébro-spinal de l'équilibration n'est défini que par sa *fonction.* Il y aura donc lieu de faire la pathologie, non d'une région anatomique, mais d'une fonction physiologique complexe.

Ce sujet si important est presque tout nouveau; on ne lui a pas encore consacré une place spéciale dans l'enseignement clinique. On ne trouve pas, dans les Traités classiques de Pathologie, de chapitre consacré aux *maladies de l'orientation et de l'équilibre.*

Si l'on veut étudier la fonction en question, il faut se reporter aux études sur le cervelet, sur l'appareil labyrinthique et sur le vertige, sur la moelle et le tabes. Mais l'étude fractionnée de la fonction ne lui est pas favorable, et les vues d'ensemble manquent complètement; elles sont cependant nécessaires pour trouver et établir le lien qui réunit entre eux des symptômes comme le vertige, l'incoordination ou ataxie, la perte du sens musculaire, l'instabilité au repos ou chorée.

Cette conception, déjà marquée dans plusieurs publications antérieures, est encore plus accentuée dans ce livre sur les *Maladies de l'orientation et de l'équilibre.* On tend, en effet, actuellement à s'élever au-dessus des espèces nosologiques, des maladies localisées, pour embrasser l'étude des processus généraux et édifier, en quelque sorte, la physio-pathologie générale du système nerveux : « Je crois, dit M. Grasset, que le plan de la Pathologie entière devra être fait sur ce principe; n'est-il pas plus utile de faire la physio-pathologie de la fonction glycogénique que de consacrer des chapitres distincts aux maladies du foie, aux maladies du pancréas, aux maladies du bulbe?... Cela a été un grand progrès quand on est arrivé à *penser anatomiquement* la Pathologie; aujourd'hui, il faut la *penser physiologiquement.* L'étude du cadavre est bonne; mais combien supérieure est l'étude de l'homme vivant, malade ou bien portant. »

Le Professeur Grasset entre en matière par une leçon de choses: il présente d'abord des sujets atteints de diverses maladies de l'orientation et de l'équilibre. Il montre des tabétiques; l'un titube, et, dans la marche, son équilibre est quelquefois rompu par de brusques dérobements des jambes. Un autre tombe dès qu'il essaie de fermer les yeux : c'est le signe de Romberg porté à un haut degré; ce même tabétique ne peut, sans se tromper, indiquer sur ses membres les endroits où on lui a fait des piqûres d'épingles. Un troisième « perd ses jambes » dans son lit et ne sait plus, lorsqu'il ne les voit pas, si elles lui appartiennent. Un dernier est complètement désorienté par l'obscurité et déséquilibré dans sa marche; même au repos, ses membres exécutent des mouvements que lui, malade, ne commande pas; cette instabilité est l'*ataxie du tonus* musculaire.

Voici maintenant un cas de myélite ayant endommagé surtout les cordons postérieurs de la moelle; la démarche est incertaine, titubante; si le malade est assis, ses jambes « dansent » sans qu'il le veuille; c'est une véritable « chorée » médullaire.

On lève la main paralysée d'une hémiplégique à qui l'on a fait fermer les yeux; en même temps, un aide met sa main à lui sur la tête de la malade. Cette femme commet alors deux erreurs d'orientation: elle ne sait pas où est sa main tenue en l'air; elle prend pour sienne la main de l'aide qu'elle sent sur sa tête.

Une hémiplégique n'oriente pas son membre paralysé et ne localise pas les sensations sur ce membre. Une autre perd son bras malade et ne reconnaît pas les objets qu'on met dans sa main très incomplètement paralysée : elle a perdu le *sens stéréognostique.*

Un homme atteint d'encéphalite se disait piqué à la jambe droite quand on piquait à gauche. Il avait des vertiges, une tendance à tourner à gauche et à tomber du lit de ce côté.

Un autre, cérébral, avait de l'incoordination motrice et présentait des attitudes cataleptiformes. Cet autre avait perdu le sens stéréognostique, la sensation de poids, la notion de position des membres. Un dernier a des mouvements choréiques des membres paralysés. D'autres, enfin, ont du vertige à des moments et à des degrés divers.

Les vingt malades de M. Grasset ont, les uns des lésions de la moelle, d'autres des lésions du cerveau ou à la fois du cerveau et de la moelle, d'autres des lésions du cervelet ou du bulbe. Plusieurs sont des névropathes ou des artérioscléreux.

Classiquement, tous ces malades appartiennent à des chapitres très divers de la Pathologie. En réalité, ils ont un lien commun qu'il est facile de dégager; chez tous, il y a quelques symptômes qui se rattachent à la *pathologie de l'orientation et de l'équilibre.*

Les troubles de la fonction étant connus par les exemples donnés, il est indispensable de résumer quelques notions anatomo-physiologiques sur l'appareil nerveux de l'équilibration.

Il existe des voies centripètes de l'orientation, des voies centrifuges de l'équilibre, des centres de l'équilibration.

Les voies centripètes sont : les voies kinesthésiques du *sens musculaire* et du *sens stéréognostique*; les nerfs périphériques, conducteurs de la *sensibilité générale*, avec les ganglions rachidiens et les racines postérieures. Les cordons postérieurs de la moelle, avec les noyaux de Goll et de Burdach, constituent le faisceau sensitif médullo-cortical direct. La voie indirecte a pour éléments la colonne de Clarke dans la substance grise de la moelle, le faisceau cérébelleux ascendant, les pédoncules du cervelet et son écorce grise, le noyau rouge et le thalamus, le faisceau rubro-cortical et thalamo-cortical.

Très importantes encore sont : les *voies labyrinthiques*, nerfs cochléaire et vestibulaire; les *voies optiques* visuelles et kinesthésiques. Certains nerfs, comme le pneumogastrique, peuvent aussi, à l'état pathologique, servir de voies centripètes d'orientation.

Ces voies, ensemble ou séparément, conduisent aux centres les notions de l'orientation recueillies à la périphérie ou dans l'ambiance.

On peut dire, en résumé, que les voies centripètes d'orientation se groupent en deux catégories : *a*) des *voies extrinsèques* transmettant les impressions venues de l'extérieur; ce sont les cinq sens et spécialement le toucher, la vue et l'ouïe; *b*) des *voies intrinsèques*, transmettant les impressions venues de l'intérieur; ce sont l'appareil kinesthésique général, le nerf vestibulaire (kinesthésique de la tête), et les nerfs kinesthésiques du globe oculaire.

Certains cas pathologiques obligent à joindre à ce dernier groupe les nerfs sensitifs viscéraux, comme le pneumogastrique. Ce sont là des voies accidentelles de l'orientation que crée la maladie. A l'état normal, les impressions parties de l'estomac, par exemple, n'influent pas sur l'orientation et l'équilibre. Mais, dans certains états pathologiques, cette influence est manifeste, notamment pour produire le vertige stomacal, la désorientation du mal de mer ou de l'escarpolette.

M. Grasset a soin de prévenir que cette classification des sources d'orientation est quelque peu artificielle. A l'état normal, toutes ces actions se superposent et s'associent. Cette collaboration et la solidarité des voies d'orientation sont telles qu'elles peuvent se suppléer mutuellement, quand une ou plusieurs d'entre elles sont altérées par la maladie, les autres restant intactes.

Les *centres de l'orientation et de l'équilibre* siègent dans le cervelet, le noyau rouge, le noyau du pont, l'appareil labyrinthique, l'écorce cérébrale. De ces centres, les uns répondent à l'orientation inconsciente et à l'équilibre involontaire (polygone inférieur de l'automatique); les autres, à l'orientation consciente et à l'équilibre volontaire (polygone supérieur ou cortical).

Le maintien de l'équilibre ou la recherche d'un équilibre nouveau résulte d'ordres transmis par les centres aux voies suivantes: faisceau pyramidal, faisceau cérébelleux descendant, faisceau rubro-spinal ou prépyramidal.

L'action des centres peut s'exercer aussi bien sur l'équilibre au repos que sur l'équilibre dans les mouvements. On peut encore contracter ses muscles stérilement, c'est-à-dire mettre ses muscles en action volontairement, mais sans les raccourcir. C'est la fameuse expérience de Milon de Crotone, contractant ses doigts sur une orange, les immobilisant de manière à ne pas écraser l'orange, mais avec assez de force cependant pour que personne ne pût lui ouvrir les doigts; il mettait, en somme, autant d'énergie contre la flexion que contre l'extension, en dehors de la position fixe qu'il voulait maintenir. C'est ainsi qu'il faut comprendre la *force de situation fixe* de Barthez : c'est la force que nous avons de nous immobiliser. La position est la même que si nous n'exerçons aucun effort, mais l'état du muscle est tout différent.

Les parties constitutives du grand appareil de l'équilibration sont donc nombreuses. Très nombreuses aussi sont les maladies qui viennent perturber sa fonction.

Les unes sont à *lésions diffuses*, frappant là ou ailleurs, en un point ou en plusieurs; aussi bien, elles pourraient demeurer complètement étrangères à l'appareil.

Les autres sont systématisées, en ce sens qu'elles sont nécessairement localisées à cet appareil, qu'elles attaquent symétriquement et dans toutes ses parties. Ce sont, au premier chef, les *maladies de l'orientation et de l'équilibre*.

Les lésions diffuses sont l'hémorrhagie, le ramollissement, les tumeurs, la sclérose en plaques.

Il faut citer aussi les névroses, telles que l'hystérie et l'épilepsie, qui troublent diversement l'appareil, et ces autres névroses qui altèrent dans un sens déterminé la fonction de l'équilibration : maladie de Parkinson, chorée, catalepsie.

Quant aux maladies proprement dites de l'orientation et de l'équilibre, le *tabes* vient en première ligne, à cause de sa fréquence; viennent ensuite le tabes spasmodique, les syndromes des dégénérations secondaires aux lésions cérébrales, la sclérose latérale amyotrophique, la maladie de Friedreich, les maladies systématisées du cervelet, l'hérédo-ataxie cérébelleuse de P. Marie, l'atrophie olivo-ponto-cérébelleuse de Déjerine et Thomas.

La séméiologie des troubles de l'orientation et de l'équilibre fournit à M. Grasset les chapitres de son livre les plus intéressants pour les cliniciens. Mais il est difficile de résumer succinctement cette partie de l'ouvrage, sous peine de se limiter à une énumération forcément aride et incomplète. Tout au plus, peut-on se contenter de dire qu'il distingue les troubles de l'orientation et ceux de l'équilibre suivant que ces deux facultés sont troublées par excès, défaut ou perversion des sensations.

On trouvera également l'étude et l'analyse détaillée de phénomènes tels que l'anesthésie du sens musculaire, la *fatigue*, le *tonus*, l'*allochirie*, le *vertige*, l'*abasie*, la *chorée* et les *tremblements*.

Une conclusion pratique de grand intérêt se dégage de ces études de philosophie physiologique; on se trouve conduit directement à des indications thérapeutiques. C'est en se basant sur la connaissance des *suppléances* que les diverses parties de l'appareil nerveux d'équilibration peuvent exercer entre elles, que l'on arrive à concevoir les principes d'un traitement physiologique des maladies de l'orientation et de l'équilibre.

Il y a, dans la rééducation de la moelle par le cerveau, une méthode thérapeutique générale qui, depuis une douzaine d'années, a prouvé son efficacité.

« L'exercice musculaire, écrivait M. Lagrange, sollicite l'entrée en jeu des facultés psychiques... il est un moyen d'exercer et de développer la volonté. » L'exercice physique agit sur le cerveau parce qu'il se double d'un travail intellectuel; en d'autres termes, on remplace et on corrige l'automatisme défaillant en ayant recours à l'écorce et à sa fonction supérieure de direction.

Les bienfaits de la rééducation musculaire sont aujourd'hui avérés. On a pu les constater dans le tabes. Ils ont été, sous l'impulsion du Pr Brissaud, l'origine de la thérapeutique appliquée aujourd'hui avec succès contre les tics et les mouvements nerveux similaires.

Ainsi apparaît encore la suprématie de O, ce centre du « moi » volontaire et conscient, auquel M. Grasset a donné dans son enseignement une place si importante, en le différenciant du *polygone*, centre supérieur de l'automatisme. Si, en quelque point, un angle du polygone vient à s'émousser, O peut suppléer au déficit en faisant l'éducation de centres nouveaux, qu'il adapte à la fonction. Rien n'est perdu tant que reste intact le « moi » volontaire et conscient, le centre O de M. Grasset. Ce qui revient à dire qu'un grand nombre de défectuosités motrices sont curables si l'on peut parvenir à faire corriger par les interventions corticales les fautes commises par des centres sur lesquels l'écorce cérébrale peut exercer son contrôle supérieur.

Dr Henry Meige.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 15 Décembre 1902.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. R. d'Adhémar** étudie l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre, du type hyperbolique, à plus de deux variables indépendantes. — **M. J. Mascart** a calculé les perturbations des petites planètes, indépendantes de l'excentricité, dues à l'action de Jupiter. — **M. P. Chofardet** communique ses observations de la comète Giacobini (1902 *d*), faites à l'Observatoire de Besançon avec l'équatorial coudé. — **M. P. Duhem** étudie le problème de la stabilité de l'équilibre dans les systèmes renfermant des variables sans inertie douées de viscosité.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. D. Negreano** décrit un procédé de séparation électrique de la partie métallique d'un minerai de sa gangue. — **M. H. Moissan** a reconnu que les émanations gazeuses recueillies dans les fumerolles du Mont-Pelé renferment, à côté des gaz que l'on a mentionnés déjà dans d'autres éruptions volcaniques, une quantité notable de gaz combustibles : hydrogène, oxyde de carbone et méthane, et, de plus, une certaine quantité d'argon. — **M. E. Baud** a déterminé la chaleur de formation du fluorure d'aluminium; elle est de 499 calories. — **M. A. Joannis** a fait réagir le gaz ammoniac sur le chlorure de bore; à — 23°, il se forme du chlorure d'ammonium ammoniacal $AzH^4Cl.3AzH^3$ et de l'amidure de bore $Bo(AzH^2)^3$. A 0°, il se forme du chlorure d'ammonium et de l'amidure de bore; au-dessus de 0°, l'amidure se décompose en dégageant AzH^3 et en formant de l'imidure : $2Bo(AzH^2)^3 = Bo^2(AzH)^3 + {}^3AzH^3$. — **M. Ph. Barbier**, en chauffant du bioxyde de manganèse avec du phosphate diammonique, puis en ajoutant de l'acide phosphorique, a obtenu un dipyrophosphate ammoniaco-manganique $P^4O^{14}Mn^2(AzH^4)^2$, en poudre violette insoluble dans l'eau, soluble dans HCl avec dégagement de chlore. — **M. H. Baubigny** montre que, dans la séparation des alcalis et du peroxyde de manganèse par précipitation de ce dernier au moyen des persulfates, il faut toujours laver le précipité avec un sel ammoniacal pour le purger de toute trace d'alcali. — **M. F. Garrigou** a recherché la présence de l'arsenic dans la Nature par la méthode des flammes de Bunsen. Il l'a trouvé dans toutes les roches, les filons métallifères, les eaux minérales, les cendres des végétaux, l'organisme animal. **M. A. Gautier** fait remarquer que l'arsenic est localisé, chez les animaux, dans la peau et les glandes annexes. — **MM. P. Freundler** et **de Laborderie**, en faisant réagir le nitrosobenzène sur l'oxime *p*-aminobenzoïque, ont obtenu la *p*-benzène-benzaldoxime $C^6H^5Az : Az.C^6H^4CH : AzOH$, F. 143°; traitée par HCl et le nitrite de soude, elle donne une petite quantité d'aldéhyde *p*-benzèneazobenzoïque, F. 238°. Cette dernière, chauffée avec l'anhydride acétique, fournit l'acide *p*-benzène-azo-cinnamique. — **M. C. Marie** a préparé l'acide oxybenzylphosphinique $PO^3H^3.C^6H^5CHO$ soit en oxydant l'acide oxybenzylhypophosphoreux, soit en chauffant l'acide phosphoreux avec l'aldéhyde benzoïque. Il a préparé, en outre, le sel d'argent, l'éther méthylique et le dérivé benzoylé du nouvel acide. — **MM. Seyewetz** et **Biot** décrivent une nouvelle méthode de chloruration des carbures aromatiques, qui consiste à les chauffer avec le chlorure plombico-ammoniacal.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. A. Robin** signale, parmi les maladies qui s'accompagnent de déminéralisation organique, une anémie dite *plasmatique*, caractérisée par la déminéralisation du plasma sanguin; on y remédie facilement par une médication appropriée. — **M. Al. de Poehl** pense que les corps comme la spermine, la cérébrine, le chloradrénal, agissent sur le fonctionnement de l'organisme en accélérant certains processus, à la façon des catalysateurs positifs; les toxines seraient, au contraire, des catalysateurs négatifs. — **MM. J. Pantel** et **R. de Sinéty** ont étudié l'évolution de l'acrosome dans la spermatide du Notonecte; l'acrosome est de nature idiozomique. — **M. L.-F. Blanchard** a observé une Grégarine cœlomique chez le *Carabus auratus*; elle rentre très probablement dans le genre *Monocystis*. — **M. P.-A. Dangeard** a reconnu que la division du noyau chez l'*Amœba Gleicheni* est une téléomitose semblable à celle des organismes supérieurs. — **M. L. Macchiati** a obtenu une photosynthèse en dehors de l'organisme sous l'action d'un ferment chimique soluble extrait des feuilles par la glycérine. — **M. P. Mazé** a observé que les graines, qui germent très mal au moment où elles sont cueillies, acquièrent rapidement la faculté de germer lorsqu'on les dessèche plus ou moins rapidement. — **M. E. Laurent** a constaté que les graines oléagineuses se conservent mieux dans le vide qu'au contact de l'air. Parmi les graines amylacées, les unes se sont mieux gardées à l'abri de l'air; les autres se sont altérées plus rapidement à l'abri de l'air. Ce résultat doit être attribué à l'influence toxique de CO^2 qui, dans les vases clos, s'exerce sur les embryons. — **M. J. Brunhes** explique, au moyen de mouvements tourbillonnaires, un grand nombre de phénomènes d'érosion produits par le vent. — **M. L.-A. Fabre** a étudié le courant marin qui longe du nord au sud le littoral landais; il montre que le littoral d'Aquitaine perd actuellement moins par l'érosion marine qu'il ne gagne par le fait des progrès de l'érosion continentale (apports solides de la Gironde). — **M. L. Duparc** a reconnu que la coupure transversale de la Kosva (Oural du nord) n'est autre chose qu'un ancien synclinal plus ou moins orthogonal sur la direction des plis. — **M. N. de Mercey** démontre que le Bray a été recouvert par la mer de la craie à Bélemnites, tout au moins dans sa partie orientale. — **M. E.-A. Martel** pense que les lapiaz ne doivent pas leur origine entièrement à la corrosion ou action chimique des eaux chargées d'acide carbonique, mais que le rôle mécanique de l'eau courante, même contemporaine, est très influent.

Séance du 22 Décembre 1902.

Séance publique annuelle pour 1902. Après l'allocution d'usage, **M. Bouquet de la Grye**, président, indique les prix décernés par l'Académie. — **M. M. Berthelot** lit une notice historique sur la vie et les travaux de Chevreul.

Séance du 29 Décembre 1902.

M. E. Mascart est élu vice-président pour l'année 1903. — **M. Bornet** lit une notice sur la vie et l'œuvre de M. Millardet, correspondant décédé.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. J. Hadamard** communique ses recherches sur les fonctions entières de genre infini. — **M. W. Stekloff** démontre, par une méthode très générale, qu'on peut toujours construire une suite finie $S_n(x)$ de Fourier, telle que la fonction continue $f(x)$ puisse être représentée, en tous les points de l'intervalle donné, par $S_n(x)$ avec l'approximation donnée à l'avance. — **M. M. Lerch** adresse ses recherches sur la formule fondamentale de Dirichlet qui sert à déterminer le nombre des classes de formes quadratiques binaires définies. — **M. E. Lindelöf** indique une appli-

cation de la théorie des résidus au prolongement analytique des séries de Taylor. — M. **B. Mayor** décrit un nouveau mode de représentation plane de l'espace respectant le caractère dualistique de la droite et commode pour l'étude des problèmes de Statique graphique. — M. **P. Duhem** étudie les conditions nécessaires pour qu'un fluide soit en équilibre stable. — MM. **Rambaud** et **Sy** adressent leurs observations de la comète 1902 *d*, faites à l'Observatoire d'Alger. — M. **D. Eginitis** communique ses observations des Perséides, Léonides et Biélides, faites à Athènes en 1902.

2° Sciences physiques. — M. **R. Blondlot** a reconnu que, dans la limite des conditions et des erreurs de ses expériences, la vitesse de propagation des différentes variétés de rayons X dans les différents milieux est égale à celle de la lumière dans l'air. — M. **H. Pellat** a observé que l'oxygène subit plus difficilement les effets de magnétofriction que l'hydrogène. — M. **Eug. Bloch** a reconnu que la conductibilité de l'air sec qui a passé sur du phosphore est due à des ions de très faible mobilité qui servent de noyaux de condensation à la vapeur d'eau même non saturante. — M. **G. Moreau** a constaté que la mobilité des ions d'une vapeur salée est uniquement fonction de la nature du métal. L'ion négatif paraît constitué d'un noyau provenant de la dislocation de l'atome métallique, qui groupe autour de lui d'autres atomes non ionisés, en nombre croissant avec la concentration. — M. **D. Tommasi** décrit un nouveau genre d'accumulateur électrique au plomb. — M. **C. de Watteville** a étudié les spectres de flammes par la méthode de M. Gouy. Dans ces conditions, le spectre de flamme peut s'étendre assez loin dans l'ultra-violet. Les raies caractéristiques de l'étincelle ne se trouvent pas dans le spectre de flamme; mais toutes les raies de la flamme sont celles qui subsistent dans l'étincelle rendue oscillante. — M. **A. Leduc** maintient ses conclusions sur la proportion de l'hydrogène dans l'air atmosphérique. — M. **H. Moissan** a constaté la présence d'argon dans le gaz de la Source Bordeu à Luchon, et celle de soufre libre dans l'eau sulfureuse de la Source de la Grotte et dans les vapeurs de humage. — M. **Ch. Moureu** a, d'autre part, reconnu que plusieurs sources minérales des Pyrénées dégagent des gaz très riches en azote et renfermant tous de l'argon; la Source d'Eaux-Bonnes contient, en outre, de l'hélium. — M. **H. Giran** a fait l'étude thermique de l'acide métaphosphorique; sa chaleur de neutralisation par la soude est de 14,84 cal.; sa chaleur de formation est de 224,88 cal. — M. **H. Moissan** a préparé l'hydrure de silicium Si^2H^6 par une nouvelle méthode, qui consiste à faire tomber lentement du siliciure de lithium dans une solution concentrée d'HCl. — M. **E. Baud** a déterminé les chaleurs de formation de la cryolithe sodique hydratée (+ 19,29 cal.), de la cryolithe potassique hydratée (+ 55,89 cal.) et les chaleurs d'hydratation des cryolithes anhydres. — M. **L.-J. Simon** indique un procédé de dosage volumétrique de l'hydroxylamine, fondé sur l'action exercée par $KMnO^4$ sur l'oxalate d'hydroxylamine. Dans une première phase, en l'absence d'acide sulfurique, l'hydroxylamine seule est oxydée; dans une seconde phase, en présence d'H^2SO^4, l'acide oxalique est oxydé avec dégagement de CO^2. — M. **F. Osmond**, par l'examen microscopique d'un fragment d'épée de l'époque du bronze, a reconnu que celle-ci avait été fabriquée par forgeage suivi d'un recuit à température assez basse pour diminuer la fragilité du bronze coulé. — M. **de Forcrand** a repris l'étude des hydrates sulfhydrés qu'il a décrits autrefois : $M + 2H^2S + 23H^2O$; il montre qu'ils contiennent un peu moins d'eau et répondent vraisemblablement à la composition ($M + 7$ ou $8H^2O) + 2(H^2S + 6H^2O)$, M étant un dérivé organique halogéné. — M. **M. Tiffeneau** : Sur le dibromure de méthoéthénylbenzène (voir t. XIII, p. 1209). — M. **C. Chabrié** a fait réagir le monochlorure de camphre sur le benzène en présence de chlorure d'aluminium. Des produits de la réaction, il a isolé un nouveau carbure $C^{16}H^{18}$, liquide, Eb. 315°. — M. **F. Bodroux**, en ajoutant par petites portions de l'iode à une solution éthérée d'un chlorure ou d'un bromure d'alkylmagnésium, a obtenu le dérivé iodé correspondant. — MM. **W. Oechsner de Coninck** et **Raynaud** ont étudié la décomposition de quelques acides organiques di et tribasiques par chauffage avec le glycol ou la glycérine. — M. **G. André** a reconnu qu'à la fin de l'été il y a sensiblement égalité entre les différentes couches de la terre au point de vue de l'azote rendu ammoniacal par l'action des acides ou des alcalis; au début du printemps, les couches inférieures renferment plus de matière azotée attaquable par l'acide chlorhydrique.

3° Sciences naturelles. — M. **Carrière** a étudié l'action de la cryogénine (métabenzaminosemicarbazine) dans les fièvres; elle n'est pas toxique et possède une action antithermique constante, surtout dans la fièvre typhoïde et la fièvre des tuberculeux. — M. **F. Houssay** a observé les variations organiques chez les poules carnivores de seconde génération. La quantité de sang, le cœur et le foie n'ont pas varié; le jabot, les cæcums, le gésier, le pancréas ont diminué; les reins, le poumon et la rate ont augmenté. — M. **L. Roule** communique des observations qui s'accordent avec l'hypothèse d'un hermaphrodisme protandrique chez les Poissons, les individus encore jeunes commençant par être mâles, puis devenant femelles en acquérant leurs dimensions définitives. — MM. **J. Pantel** et **R. de Sinéty** étudient l'origine du *nebenkern* et les mouvements nucléiniens dans la spermatide du *Notonecta glauca*. — M. **P. Fauvel** a observé, chez les Polychètes, deux sortes d'otocystes : les uns restant en communication avec l'extérieur par un canal cilié et renfermant des otolithes formés par des corps étrangers (grains de quartz), les autres complètement clos, à otolithes sphériques, à couches concentriques, de nature organique et sécrétés par l'organe. — MM. **A. Conte** et **C. Vanez** concluent de leurs recherches sur les Protozoaires que le noyau participe directement à la formation des grains de zymogène et des productions ergastoplasmiques et que, par suite, il a un rôle d'une haute importance dans les phénomènes de digestion aussi bien intra-cellulaires qu'extra-cellulaires. — M. **P.-A. Dangeard** a reconnu que la cellule du *Trepomonas agilis* renferme deux énergides et représente un organisme double. — M. **P. Vuillemin** propose de réunir sous le nom de *bois intermédiaire* une série indéterminée de formations ligneuses (comprenant le métaxylème) qui s'écartent de la notion classique de bois primaire et de bois secondaire. — M. **G. Bonnier** signale les différences anatomiques qu'il a observées entre des plantes semblables, cultivées dans un même sol, les unes à Fontainebleau, les autres dans la région méditerranéenne. Ces différences paraissent tenir essentiellement à l'action des climats. — M. **Em. Laurent** a constaté que la lumière solaire exerce sur les semences des plantes supérieures, à l'état de graines nues ou de fruits secs, une action nuisible, qui se manifeste d'abord par un retard dans la germination, puis par la mort des embryons. — M. **R. Bouilhac** a reconnu que l'aldéhyde formique peut servir d'aliment au Nostoc et à l'*Anaboena*, cultivés dans une solution nutritive assez peu éclairée pour que ces plantes, ne conservant plus la propriété de décomposer l'acide carbonique, soient obligées de vivre aux dépens d'une matière organique. — M. **C. Bruyant** a observé que, dans certains lacs d'Auvergne, la végétation s'étend jusqu'à une profondeur bien plus considérable que dans les lacs du Jura; un des facteurs de ce phénomène est certainement la transparence bien plus marquée des premiers. — M. **G. Delacroix** a observé à nouveau en France la forme conidienne du champignon du Black-rot. — M. **L. de Launay** présente quelques remarques sur les relations des genèses métallifères avec la Géologie générale. — M. **A. Lacroix** adresse, de la Martinique, de nouvelles observations sur l'état du Mont-Pelé. — M. **J. Giraud**

pense que les tufs labradoritiques des parties centrale et méridionale de la Martinique, correspondant aux éruptions qui paraissent les plus anciennes, ont pris naissance pendant l'Oligocène et le Miocène inférieur. — **MM. E. Haug, M. Lugeon** et **P. Corbin** ont découvert, dans la vallée de l'Arve, entre Servoz et les Houches, un affleurement granitique s'étendant sur une longueur de 3 kilomètres avec une largeur variable.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 16 *Décembre* 1902.

M. **Chauffard** est élu membre titulaire dans la Section de Pathologie médicale.

M. Laborde présente, au nom de **M. Guglielminetti**, un appareil à narcose par l'inhalation de vapeurs de chloroforme, dosées à l'aide d'un courant d'oxygène déterminé. — M. **Ch. Richet** présente le rapport sur le concours du prix Bourceret. — M. **Kermorgant** signale l'existence de la mouche tsé-tsé et de la maladie du nagana dans le Territoire du Chari. — M. **A. Laveran**, examinant les observations présentées par M. A. Gautier et relatives au traitement des fièvres paludéennes par l'arrhénal, conclut que ce médicament n'est pas un spécifique et qu'il est dangereux de le prescrire comme succédané de la quinine. — M. **Boinet** a essayé avec succès de traiter le pneumo-thorax et certains épanchements pleurétiques par l'emploi d'un drain à valves formant soupape.

Séance du 23 *Décembre* 1902.

Séance publique annuelle pour 1902. M. **E. Vallin** lit le Rapport général sur les prix décernés en 1902. M. **Magnan** prononce l'éloge de Baillarger.

Séance du 30 *Décembre* 1902.

M. **Tillaux** est élu vice-président et M. **Motet** secrétaire annuel pour 1903.

M. **Porak** présente le Rapport de la Commission permanente de l'Hygiène de l'Enfance. De l'ensemble des documents communiqués, l'auteur tire les conclusions suivantes : L'enfant d'une femme qui se place nourrice sur lieu devra être allaité au sein par sa mère ou par une autre femme pendant trois mois au moins ; toutefois, s'il est né en avril, mai ou juin, il devra être allaité au sein pendant cinq mois. Tout enfant protégé devra être allaité pendant un an au moins, sauf avis motivé du médecin inspecteur. — M. **A. Gautier** répond aux critiques de M. Laveran sur la médication arrhénique dans le paludisme. Il constate que l'arrhénal réussit souvent là où la quinine a été insuffisante et qu'il fait rapidement disparaître les hématozoaires spécifiques. C'est donc un médicament précieux, seul ou associé à la quinine. — M. **A. Robin** : Sur l'anémie plastique (voir p. 50).

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 13 *Décembre* 1902.

MM. **Vaquez** et **Clerc** ont constaté que la filaire du sang peut déterminer une éosinophilie sanguine notable. — MM. **J.-A. Sicard** et **Blais** ont fait des observations analogues. — M. **F. Arloing** a observé un rapport évident entre le pouvoir chimiotactique des divers sérums et leur pouvoir agglutinant sur le bacille de la tuberculose en cultures liquides homogènes. — MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** ont étudié le rôle de l'état moteur dans l'émotion musicale. — M. **S. Leduc** a reconnu que la strychnine, introduite électrolytiquement dans un nerf moteur chez l'homme, diminue d'abord très notablement l'excitabilité au lieu de l'introduction; puis celle-ci reprend, après cinq minutes environ, sa valeur normale, et la dépasse ensuite. — M. **F. Battelli** a observé que l'adrénaline est transformée en milieu alcalin en présence de l'oxygène; le produit de la transformation n'est pas toxique, ou, du moins, il est beaucoup moins toxique que l'adrénaline. — M. **Ch. Richet** a étudié l'action accélérante des sels de magnésium sur la fermentation lactique. L'optimum de cette action correspond à environ 12,5 gr. par litre de chlorure de magnésium. — Le même auteur a préparé à un état assez grand de pureté le poison pruritogène et urticant des tentacules d'Actinies par extraction avec l'alcool. — M. **M. Garnier** a observé que l'adrénaline favorise le développement des gangrènes microbiennes, lorsqu'elle agit au moment de l'inoculation du bacille ; cet effet est dû à la vaso-constriction et à l'anémie temporaire qu'elle provoque. — M. **J. Nageotte** a étudié les formations cavitaires par périnévrites ainsi que les foyers d'endonévrite dans les nerfs radiculaires. — M. **E. Maurel** estime que le plus grand danger de la quinine injectée à un titre leucocyticide dans les veines provient des embolies leucocytiques résultant de ces injections. — M. **M. Dupont** indique une nouvelle méthode pour la mesure du réflexe lumineux.

Séance du 20 *Décembre* 1902.

MM. **A. Gilbert** et **J. Castaigne** ont reconnu qu'un foie congestionné peut avoir un volume et un poids moindres qu'à l'état normal. Cette congestion atrophique du foie a été observée dans trois cas d'asystolie. — MM. **P. Courmont** et **A. Descos** ont observé que l'inoculation chez le chien, par voie sous-cutanée, du bacille acido-résistant du beurre de Binot produit des lésions viscérales et pulmonaires tuberculiformes. — M. **J.-V. Laborde** établit la participation fonctionnelle des nerfs de la 9e paire, ou glosso-pharyngiens, à la fonction respiratoire, par intervention dans le phénomène mécanique ou le réflexe qui en est la base. — M. **Ch. Féré** a cherché à déterminer le temps nécessaire à la restauration de la fatigue qui suit le travail ergographique. — MM. **Leredde** et **L. Pautrier** diagnostiquent le lupus tuberculeux du nez par l'examen du mucus nasal après l'ingestion d'iodure de potassium ; l'absorption de ce corps fait apparaître rapidement les bacilles de Koch dans le mucus. — MM. **G. Billard, L. Dieulafé** et **F. Mally** ont constaté que la tension superficielle des urines varie avec un grand nombre de facteurs ; la méthode de recherche des sels biliaires basée sur la mesure de cette tension n'est pas suffisamment satisfaisante. — M. **A. Brissemoret** a reconnu que la fonction éther-sel, sans posséder de propriétés spécifiques, accroît les propriétés purgatives de certaines substances. — M. **A. Borrel** décrit un nouvel appareil broyeur pour réduire en poudre certaines substances, préparer des émulsions fines ou dilacérer certains organes. — M. **Mousset** a étudié l'action de l'adrénaline sur divers animaux ; il a observé des résistances individuelles très marquées. — MM. **P. Carnot** et **P. Josserand** ont observé que l'injection intravasculaire d'adrénaline dans les différents réseaux donne des élévations de pression artérielle différentes. Le passage à travers le foie diminue l'action sphygmogénique ; le passage à travers le muscle la diminue beaucoup plus. — M. **E. Couvreur** a constaté, avec M. Laborde, la reprise des mouvements respiratoires quand on excite pendant l'arrêt les nerfs qui, normalement, le produisent ; mais, pour lui, la reprise débute par une inspiration pour le pneumogastrique, par une expiration pour le laryngé supérieur. — MM. **E. Couvreur** et **L. Rongier** ont reconnu que l'hémocyanine se rapproche beaucoup de l'hémoglobine, car elles donnent toutes deux des dérivés de même nature. — M. **Doyon** a observé que l'adrénaline, en injection intra-veineuse, provoque en général la décontraction de la vessie, la contraction des muscles bronchiques, de la vésicule biliaire, de l'œsophage. — M. **G. Leven** a étudié le séjour de l'eau dans l'estomac chez les enfants. Chez les uns, l'évacuation commence presque immédiatement après l'ingestion ; chez les autres, elle ne débute qu'après la treizième minute. — MM. **Ch. Achard** et **M. Loeper** ont constaté que la suppression

de l'urine qui suit la ligature du pédicule des reins accumule dans le sang de l'eau et des molécules dissoutes. Des injections hypertoniques, faites à ce moment dans les veines, produisent une augmentation de la masse du sang parce que celui-ci enlève de l'eau aux tissus. — MM. **M. Labbé** et **L. Bernard** ont observé une légère éosinophilie et une hyperleucocytose avec prédominance des mononucléaires dans un cas d'hématochylurie tropicale. — MM. **L. Launoy** et **H. Leroux** ont reconnu que, chez des sujets atteints d'irritation méningée et soumis à un traitement mercuriel avec un sel insoluble, la membrane arachnoïdo-pie-mérienne reste imperméable à cette substance. — **M. F. Marceau** a étudié les fibres musculaires cardiaques de quelques Oiseaux. Les fibrilles sont absolument continues comme celles des Vertébrés inférieurs et des embryons de Mammifères. — **M. L. Blaringhem** décrit de nombreuses anomalies qu'il a observées sur les fleurs de maïs. — **M. J. Noé** a reconnu que la longueur de l'intestin, rapportée au kilog d'animal, est sensiblement la même chez les herbivores et les carnivores, quoiqu'un peu moindre chez ces derniers.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 2 Décembre 1902.

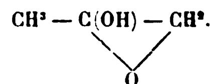
M. J. Sellier a observé que le suc intestinal des Poissons cartilagineux exerce une action favorisante sur la digestion pancréatique des matières albuminoïdes. — MM. **Coyne** et **Cavalié** ont fait l'examen histologique d'un rhabdo-myome observé chez une jument de treize ans. Cette tumeur résulte d'une néoformation d'éléments musculaires striés aux dépens des plasmodes; ces plasmodes paraissent provenir d'une modification et d'une transformation spéciales de quelques cellules du tissu conjonctif adulte. — **M. G. Denigès** a constaté l'existence, dans le liquide de la noix de coco, d'une peroxydase très active et de produits de nature cholinique. — **M. J. Abadie** a reconnu que le signe de Kernig n'est pas toujours causé par une augmentation de pression intra-arachnoïdienne ou par une irritation méningée; il n'est pas non plus un signe identique au signe de Lasègue, dont il peut être dissocié. — Le même auteur a observé que l'épreuve de la tuberculine est négative chez les malades atteints d'affections non tuberculeuses du système cérébro-spinal, et positive quand ces affections sont d'origine tuberculeuse. — **M. H. Girard** a constaté, dans un cas de lipomatose symétrique, que le chiffre des hématies présentait une baisse légère; le taux de l'hémoglobine était diminué d'une façon assez appréciable. — MM. **Sallet** et **Tribondeau** ont reconnu que la pulpe de coco constitue un milieu nutritif solide très favorable pour l'isolement, l'étude et la conservation des espèces mycosiques. — **M. Tribondeau** combat la théorie filarienne de l'éléphantiasis par des objections tirées de la parasitologie et de la séméiologie de cette affection. Les recherches hématologiques confirment l'hypothèse que cette maladie est une infection chronique du système lymphatique avec poussées aiguës, de nature microbienne. — **M. M. Cruchet** a observé que l'imperméabilité méningée ne persiste pas nécessairement dans la méningite cérébro-spinale, tandis qu'elle peut très bien persister dans la méningite tuberculeuse.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 12 *Décembre* 1902.

MM. **A. Brochet** et **Barillet** ont étudié quelques conditions de fonctionnement des électrodes bipolaires à anode insoluble ou soluble. Ils ont remarqué notamment que les électrodes bipolaires à anode soluble se comportent comme celles à anode insoluble, en vertu de phénomènes importants de polarisation. Ils présentent quelques-unes des électrodes ayant servi à leurs essais. — MM. **A. Brochet** et **Georges Ranson** ont étudié l'électrolyse du sulfure de sodium; alors qu'en solution étendue, comme le fait a été démontré, il y a formation d'hyposulfite, d'alcali et de sulfate, en solution concentrée la réaction est toute différente. On obtient directement de la soude caustique et du soufre, lequel se dissout dans l'excès du sulfure. *Il n'y a pas formation de composés oxygénés du soufre.* Si l'on opère sans diaphragme, l'hydrogène réagit sur le soufre à l'état de polysulfure et régénère le sulfure primitif. Le platine, le charbon graphitique, le plomb et même le fer se comportent très bien comme anode. L'addition de chlorure ne change pas la réaction, mais dans ces conditions le fer ne peut servir d'anode; il est transformé en sulfure, qui se précipite au fond de l'électrolyseur. — **M. Kling** a étudié quelques réactions de l'acétol. L'acétol, réduit par l'hydrogène, fournit $CH^3.CHOH.CH^2OH$ et $CH^3.CO.CH^3$ ou son produit de réduction, l'alcool isopropylique. Cette réaction montre que l'acétol libre, *en solution*, existe, tout au moins *partiellement*, sous une forme qui n'en fait pas un alcool cétonique, mais un alcool secondaire, éther-oxyde interne, soit

$CH^3 - C(OH) - CH^2.$



— **M. Simon** expose le résultat de ses recherches sur les dérivés uréiques de l'acide pyruvique.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

SCIENCES NATURELLES.

C. S. Sherrington et **E. E. Laslett** : **Cordons spinaux descendants intrinsèques dans la moelle épinière des Mammifères.** — Les expériences des auteurs ont eu pour but de rechercher l'existence de cordons spinaux reliant fonctionnellement des segments situés près de la tête avec des segments situés loin de la tête.

La méthode adoptée peut être appelée : *méthode de dégénération successive.* Elle consiste à produire deux ou plusieurs dégénérations successives, séparées par un intervalle de temps considérable. Dans la partie de la moelle épinière examinée, on produit une première dégénération pendant un temps suffisant pour permettre de faire disparaître tous les cordons descendant d'autres sources que celles qui font l'objet immédiat de la recherche. Lorsque ce temps est écoulé, la moelle épinière se présente sous un aspect très net, de sorte qu'une autre dégénération peut être opérée sur elle sans danger de confusion avec la précédente : la moelle est alors prête pour recevoir la lésion qui causera la dégénération des cordons particuliers dont on suppose l'existence. Lorsque le temps nécessaire pour le plein développement de la nouvelle dégénération est écoulé, la moelle est traitée histologiquement par la méthode de Marchi et l'on procède à son examen microscopique.

On a trouvé que les segments spinaux qui servent de source aux systèmes de fibres se dirigeant aboralement sont : les segments cervico-postérieur, thoracique antérieur, thoracique moyen, thoracique postérieur et lombaire antérieur. Les expériences ont démontré que de toutes ces régions partent de nombreux systèmes de fibres se dirigeant aboralement.

D'une façon générale, on peut distinguer deux séries de fibres composant les systèmes aboraux qui partent de la matière grise des segments spinaux soumis à l'examen. Il est préférable, pour une description physiologique, de diviser la moelle épinière en plusieurs régions : la région brachiale, pour le membre antérieur, la région thoracique, pour le tronc, la région crurale, pour le membre postérieur, la région pelvique, pour les organes pelviques, la région caudale, pour la queue, et ainsi de suite. Un réflexe engendré par une voie afférente d'une région spinale peut produire un effet

périphérique par des voies efférentes d'une région spinale différente de celle à laquelle appartient la voie d'entrée originale. On a désigné ce réflexe sous le nom de réflexe spinal *long*, par opposition aux réflexes dont les voies centripètes et centrifuges appartiennent toutes deux à la même région spinale. On a proposé de désigner le dernier réflexe par le terme de *court*.

D'une façon analogue, dans les systèmes de fibres aboraux des segments spinaux examinés, les auteurs ont trouvé par leurs expériences des fibres de deux catégories : une série dépassant les limites de la région spinale dans laquelle elles ont pris naissance, l'autre ne dépassant pas ces limites. Ils nomment les premières fibres : fibres spinales *longues*, et les dernières : fibres spinales *courtes*. Dans chacune de ces catégories principales, on peut distinguer des fibres de diverses longueurs intermédiaires.

En outre, les fibres de chacune de ces deux catégories peuvent être classées en deux séries d'après leur topographie relativement à la section transversale de la moelle épinière. Des fibres des deux catégories sont situées à la fois dans les colonnes latérales et dans les colonnes ventrales de la moelle. Ainsi, on distingue dans les systèmes de fibres spinales intrinsèques se dirigeant aboralement les séries suivantes : (α) fibres ventrales courtes; (β) fibres ventrales longues; (γ) fibres latérales courtes; (δ) fibres latérales longues. Il faut ajouter que la distinction entre les fibres latérales et ventrales est quelque peu artificielle, puisque souvent il n'existe pas d'espace distinct entre les champs de distribution des fibres latérales et ventrales dans la surface transversale de la moelle épiniere, particulièrement lorsqu'il s'agit des fibres courtes.

Le mémoire se termine par une analyse des faits relatifs à la décussation des fibres longues et des fibres courtes.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 28 *Novembre* 1902.

M. **Perry** décrit une réglette à glissière pour le calcul des puissances des nombres; elle est basée sur l'emploi des logarithmes. — M. **H. L. Callendar** décrit une expérience de cours sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur au moyen de son appareil modifié. Pour éliminer les erreurs provenant de la perte de chaleur par radiation et conduction, on a adopté la méthode de compensation de Rumford. Le calorimètre est à demi plein d'eau, à une température convenable inférieure à celle du laboratoire; on le fait alors tourner sur un axe horizontal au moyen d'un moteur électrique, et on détermine la température de l'air au moyen d'un thermomètre de platine fixé près de l'instrument. On observe la température de l'eau dans le calorimètre à chaque 100 révolutions et celle de l'air, jusqu'à ce que la température moyenne du calorimètre pour toute l'expérience soit égale à la température moyenne de l'air. Dans une expérience faite devant la Société, l'élévation de température du calorimètre a été de 6° après 558 révolutions, d'où l'on déduit que $J = 4,22$ joules par calorie.

Séance du 12 *Décembre* 1902.

M. **S. W. J. Smith** décrit un électromètre capillaire portatif. — M. **R. J. Sowter** a cherché à trouver l'explication des phénomènes d'ombre observés par M. S. P. Thompson dans ses recherches sur l'aberration des lentilles, surtout lorsque celle-ci est partiellement ou totalement astigmatique. Après avoir déterminé l'équation de la surface limitée par les rayons d'un faisceau astigmatique (en supposant que les lignes focales sont à angle droit), l'auteur étudie les ombres produites par un objet placé dans ce faisceau. Un fil droit, coupant l'axe suivant un angle, projettera, sur un écran placé en arrière de la ligne focale secondaire, une ombre droite d'une inclinaison définie. Si l'on déplace ce fil, sans changer l'inclinaison, de la première à la seconde ligne focale, l'ombre tournera de 90°. Si, dans un faisceau expérimental, il y a de l'aberration astigmatique et sphérique, un fil droit situé obliquement et déplacé ne décrira pas une ombre droite, mais une ombre distordue en forme d' S. — M. **L. R. Wilberforce** décrit une expérience de cours sur la diffusion des gaz. — MM. **W. Ramsay** et **Steele** communiquent une méthode pour la détermination des densités de vapeur qui permet d'estimer simultanément la compressibilité sur le même échantillon. On y arrive en supposant que la compressibilité est une fonction linéaire de la pression et en calculant la valeur de pv à la pression 0. Le rapport des pv sera alors celui des densités, puisque des volumes égaux contiennent des nombres égaux de molécules. Par l'application de cette méthode, on trouve que les densités de certains composés, calculées pour la pression 0, ne sont pas proportionnelles à leur poids moléculaire, déduit du poids atomique des éléments qu'ils contiennent.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 19 *Novembre* 1902.

MM. **J.-E. Reynolds** et **E.-A. Werner** ont constaté que le thiocyanate d'ammonium fondu, puis maintenu à une température de 170°, subit une transformation graduelle en thio-urée jusqu'à ce qu'une quantité maximum de 24,7 °/₀ de cette substance soit formée après 45 minutes. D'autre part, la thio urée pure, fondue et maintenue à 170°, se transforme graduellement en thiocyanate d'ammonium; après 40 minutes, il ne reste plus que 25,8 °/₀ de thio-urée. La transformation s'arrête donc dans chaque sens quand les deux isomères sont présents dans la proportion de 1 à 3; les auteurs pensent qu'il se forme un composé $CSAz^2H^4.(AzH^4CAzS)^3$, stable à cette température, et qu'ils sont parvenus à isoler. — M. **F. S. Kipping** a observé précédemment un nouveau type d'isomérisme dans les sels de *dl*-hydrindamine avec les acides bromo- et chlorocamphresulfoniques; pour l'expliquer, il supposait que chacune des bases optiquement actives donne naissance à deux sels, et que les quatre composés formés s'unissent par paires pour former deux isomères partiellement racémiques. L'auteur montre aujourd'hui la justesse de cette hypothèse; en faisant cristalliser les deux isomères α et β de solutions chaudes dans l'acétate d'éthyle, il est parvenu à les résoudre chacun en deux composants, αA et αB, βA et βB, à points de fusion différents. Chacun de ces sels contient une molécule d'une des bases droite ou gauche combinée à une molécule d'acide; autrement dit, chaque base peut donner naissance à deux sels, représentables par les schémas suivants :



Ce nouveau type d'isomérisme de l'azote pentavalent est remarquable en ce que les sels formés sont très stables. — Mlle **M. A. Whiteley** a préparé de nombreux dérivés mono- et di-substitués de l'oxime de la mésoxamide; tous possèdent les propriétés caractéristiques de l'oxime primitive : celles de former des sels jaunes avec les alcalis et des sels pourpres ou bleus avec le fer ferreux. Plusieurs présentent deux formes tautomères. — M. **F. H. Lees**, en faisant réagir le chlorure de benzoyle sur la méthyl-*n*-nonylcétone, a obtenu le β-benzoxyundécylène, Eb. 233°-235° sous 50 millimètres. Il a étendu cette réaction avec succès à de nombreuses cétones; avec le camphre, en particulier, on obtient le 1-benzoxycamphène, Eb. 215°-220° sous 50 millimètres. — M. **W. H. Perkin jun.** et Mlle **A. E. Smith**, en traitant un mélange de diméthylmalonate et d'acétate d'éthyle par le sodium, ont obtenu l'αα-diméthylacétone dicarboxylate d'éthyle. Réduit par l'amalgame de Na, puis par HI, ce dernier fournit : 1° l'acide β-hydroxy-αα-

diméthylglutarique, $CO^2H.C(CH^3)^2.CH(OH).CH^2.COOH$, F. 158°-160°; 2° l'acide αα-diméthylglutarique, F.190°; 3° l'acide *cis*-αα'-diméthylglutaconique, $CO^2H.C(CH^3)^2.CH:CH.CO^2H$, F.134°. — **MM. A. G. Perkin** et **C. R. Wilson** ont remarqué qu'un grand nombre de matières colorantes phénoliques se combinent avec l'acétate de potasse pour donner un sel caractéristique. — **M. S. Young** a déterminé la composition du mélange de tétrachlorure de carbone et d'alcool méthylique à point d'ébullition minimum; il renferme environ 79,4 °/₀ du premier et 20,6 °/₀ du second. — **M. S. Young** et Mlle **E. C. Fortey** ont constaté que la formule

$$P = \frac{pP_A + (100 - p)P_B}{100},$$

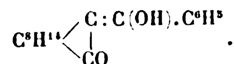
— où P, P_A et P_B sont les pressions de vapeur du mélange et de chacun des deux composants A et B à la même température et p le pourcentage moléculaire de A, — est exacte, ou très approchante, pour des liquides de même nature, même si les pressions critiques sont très différentes; elle n'est plus vraie pour des mélanges de liquides de poids moléculaire normal, comme le benzène et l'hexane normal, ou des liquides de nature différente, comme le benzène et le tétrachlorure de carbone. — **M. S. Young** montre que, dans la formule ci-dessus, plus la différence entre P_A et P_B est grande, plus la courbe des points d'ébullition du mélange diffère d'une ligne droite, et plus le pourcentage moléculaire de A est élevé dans le mélange qui offre une déviation maximum D de la ligne droite. L'auteur indique une formule pour calculer ce pourcentage et cette déviation maximum. — **MM. E. Rutherford** et **F. Soddy** ont fait passer un courant d'hydrogène ou d'air à travers des composés du thorium ou du radium, et ont conduit le gaz ainsi activé dans un serpentin de cuivre entouré d'air liquide. Le gaz qui s'en échappe est devenu tout à fait inactif, ce qui prouve que les émanations actives du thorium ou du radium se sont condensées à l'intérieur. En effet, si l'on envoie ensuite un courant d'air sec dans la spirale et qu'on la réchauffe progressivement, à une certaine température (— 130°) le gaz qui sort est de nouveau actif, parce que la matière active redevient volatile. — Mlle **M. A. Whiteley**, en décomposant l'acide diméthylviolurique par la baryte à l'ébullition, a obtenu la diméthylamide isonitrosomalonique, F. 157°, puis CO^2, de l'acide oxalique, de la monométhyloxamide, de la méthylamine et de l'oxamate de méthylamine. — **M. E. Dowzard** indique une méthode pour déterminer la strychnine et la brucine dans la noix vomique.

Séance du 4 Décembre 1902.

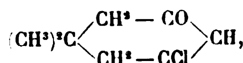
M. H. Crompton, poursuivant ses recherches sur les chaleurs spécifiques des liquides, mesure l'attraction moléculaire par la différence entre la chaleur latente de condensation de la vapeur et la chaleur dégagée en comprimant simplement la vapeur jusqu'au volume du liquide sans changement d'état. Cette attraction serait nulle à la température critique et augmenterait régulièrement avec la chute de température. A la température absolue T, la variation de l'attraction est donc

$$\frac{dA}{dT} = \frac{L - RT \log V_0/v_0}{T_k - T},$$

où L est la chaleur latente de condensation, R la constante de l'équation des gaz, V_b et v_0 les volumes de la vapeur et du liquide respectivement et T_k la température critique absolue. Il s'ensuit que la chaleur moléculaire du liquide[1] est $C_f = C_v + \frac{dA}{dT}$; l'auteur montre que les chaleurs calculées par cette méthode sont d'accord avec les valeurs observées, excepté dans les cas d'association moléculaire. — **M. M. O. Forster** conclut, de la production de la camphoquinone par oxydation du benzoylcamphre avec l'acide chromique et l'acétate mercurique, que la modification énolique du benzoylcamphre possède la constitution d'un phénylhydroxyméthylènecamphre



Il donne un dérivé chloré, F. 100°, qui, chauffé avec l'ammoniaque alcoolique, fournit une base $C^{17}H^{21}OAz$, F.170°; on obtient une base de même formule, F. 118°-119°, en chauffant le benzoylcamphre énolique avec le formiate d'ammonium. — Le même auteur, en traitant l'isonitrosocamphre par le chlorure de benzoyle, a obtenu deux composés de même formule $C^{17}H^{19}O^3Az$: l'un, qui régénère l'isonitrosocamphre par hydrolyse, fond à 105°-106°; l'autre fond à 136°; traité par KOH alcoolique, il fournit un mélange d'acides benzoïque et cyanolauronique. — **MM. A. W. Crossley** et **H. R. Le Sueur**, en traitant la diméthyldihydrorésorcine par PCl^3, ont obtenu le 5-chloro-3-céto-1 : 1-diméthyl-Δ⁴-tétrahydrobenzène :



Eb. 109° sous 14 mm., et de petites quantités d'un anhydride de la diméthyldihydrorésorcine. Avec PBr^3, on obtient un mélange de mono et dibromocétodiméthyltétrahydrobenzènes. — **M. W. N. Hartley** a étudié les spectres d'absorption des nitrates métalliques en solution. Les métaux qui possèdent des bandes d'absorption caractéristiques présentent des variations dans les positions et les intensités de ces bandes, qui paraissent dépendre du poids moléculaire des sels en solution. L'élévation de température augmente l'intensité du spectre d'absorption. Les spectres se comportent comme si les sels étaient hydrolysés plus ou moins; le spectre du nitrate d'éthyle montre qu'il n'y a aucune dissociation de ce composé. — **MM. J. B. Cohen** et **H. D. Dakin** ont déterminé la constitution des produits de nitration du méta-acétotoluidide. — **M. A. E. Dixon** a étudié l'action des thiocyanates métalliques sur le chlorure de carbonyle; elle est généralement représentée par l'équation $COCl^2 + Pb(SCAz)^2 = PbCl^2 + CO(AzCS)^2$; mais il peut se former aussi de l'acide isopersulfocyanique et du pseudosulfocyanogène. Il a été impossible d'isoler la carbonyldithiocarbimide; on ne l'obtient qu'en solution, laquelle réagit facilement avec beaucoup de corps. Avec l'alcool éthylique, il se forme l'hémithio-uréthane, F. 141°-142°; avec l'aniline, on obtient soit la carbonylthiocarbimidophénylthiocarbamide $SCAz.CO.AzH.CS.AzHC^6H^5$, F. 172°, soit la carbonyldiphényldithiocarbamide $CO(AzH.CS.AzHC^6H^5)^2$, F. 166°.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 28 Octobre 1902.

MM. R. G. Smith et **Th. Steel**, frappés du fait que, dans la fabrication du sucre de canne, le jus sucré devient quelquefois visqueux, sont parvenus à isoler de ce jus visqueux un organisme, qu'ils nomment *Bacillus levaniformans* et dont ils ont préparé des cultures pures. Ce bacille, cultivé sur un milieu renfermant des sels, de la peptone et du saccharose, décompose presque totalement ce dernier en donnant environ 2/3 de sucres réducteurs et 1/3 d'un produit gommeux. L'activité de la fermentation dépend surtout de la présence de la peptone. Le produit gommeux, que les auteurs nomment *lévane*, a été précipité et isolé à l'état pur sous forme d'un solide blanc-jaunâtre, F. 200°, donnant un mucilage quand il est dissous

[1] Voir la valeur de C_v dans une précédente communication (t. XIII, p. 1210).

dans une petite quantité d'eau, et une solution opalescente avec une grande quantité d'eau. Il est lévogyre; $[\alpha]_D = -40°$. Traité par les acides dilués, il est hydrolysé et totalement transformé en lévulose. Il est oxydé par l'acide nitrique en acide oxalique. Le lévane se rapproche du lévulane et de l'inuline, mais il en diffère par plusieurs réactions importantes. Dans la fermentation du saccharose, il se produit, en outre : CO^2, un peu d'acide lactique et des traces d'acides formique, acétique, butyrique et caprique.

SECTION DE LONDRES

Séance du 1er Décembre 1902.

MM. **R. F. Carpenter** et **B. Linder** ont fait l'examen des méthodes employées pour déterminer l'acidité totale des gaz qui s'échappent des chambres de plomb pour la fabrication de l'acide sulfurique. Les absorbants généralement employés sont la soude caustique, le carbonate de soude et l'eau oxygénée, cette dernière soit seule, soit alcalinisée; la titration a lieu au méthylorange. Les résultats des recherches montrent qu'il n'est pas désirable d'employer seul l'alcali caustique ou carbonaté comme absorbant des gaz des chambres de plomb, dans le but de mesurer l'acidité totale de ces gaz, car ceux-ci réagissent d'une façon insoupçonnée en formant des produits de condensation ou dérivés sulfoazotés dont le titre est inférieur à ceux des constituants pris séparément. Les auteurs ne peuvent encore formuler d'opinion sur les mérites relatifs du peroxyde d'hydrogène neutre ou alcalin; il est, en tout cas, préférable à l'alcali seul. — M. **A. Marshall** a étudié l'influence des impuretés sur la densité de l'acide sulfurique. L'addition d'acide nitreux augmente cette densité; l'addition d'acide nitrique jusqu'à 7,5 °/o augmente cette densité, puis la diminue pour de plus fortes proportions. — Le même auteur indique diverses méthodes pour mesurer la concentration de l'acide sulfurique. S'il est suffisamment pur, on dilue un poids connu d'acide par une quantité d'eau déterminée; puis on prend la densité de l'acide dilué et, au moyen d'une table, on trouve sa concentration, d'où l'on remonte facilement à la concentration primitive. On peut aussi déterminer approximativement la concentration d'après la contraction qui a lieu par la dilution avec de l'eau.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 7 Novembre 1902.

M. **I. Levinstein** montre l'utilité d'Écoles techniques comme la nouvelle Ecole technique municipale de Manchester, qui vient d'être inaugurée, et où la Section tiendra dorénavant ses séances. Puis les membres présents visitent les Laboratoires de Chimie de l'Ecole.

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 27 Novembre 1902.

M. **S. H. Collins** donne les résultats de l'analyse de 18 laits de vaches du Nord de l'Angleterre. — Le même auteur a poursuivi l'étude des facteurs qui modifient la quantité de sucre dans la betterave. Les facteurs principaux sont le facteur individuel, la variété et la saison; la taille et l'emmagasinage ont une influence moindre; le sol et la région ont un effet douteux; le caractère et la quantité d'engrais (dans certaines limites) paraissent sans importance.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 24 Octobre 1902.

M. **V. Coblentz** s'étonne vivement du fait que, malgré les règles sévères de la Pharmacopée américaine, un certain nombre de produits chimiques vendus comme purs dans le pays renferment des quantités souvent considérables de substances étrangères. Il donne, d'après les analyses d'un grand nombre de chimistes, une liste des impuretés contenues dans les produits les plus courants.

Séance du 21 Novembre 1902.

M. **J. M. Matthews** envisage le rôle de la Chimie dans les industries textiles; il montre qu'aux tats-Unis, où ces industries sont des plus importantes, ce rôle a été méconnu, et qu'il est d'une importance capitale que la Chimie des textiles reprenne la place à laquelle elle a droit. — MM. **M. Curtis** et **P. W. Tompkins** indiquent une méthode pour la détermination de l'eau dans les pétroles bruts de Californie. Elle consiste à mélanger ceux-ci avec 4 fois leur volume de gasoline à 70° B. et à faire tourner rapidement; le pétrole se dissout et est en grande partie siphoné; on transvase le reste dans un cylindre gradué et on mesure la couche d'eau qui s'est séparée; une très petite quantité d'eau s'émulsionne et échappe au dosage. — M. **Ch. Baskerville**, pour rendre les phosphates naturels utilisables par les plantes, les chauffe avec un quart de leur poids de carbonate alcalin au rouge, mais sans arriver à la fusion. Dans le produit poreux obtenu, 70 à 90 °/o de l'acide phosphorique sont utilisables. Cette méthode peut rendre des services dans les contrées où l'acide sulfurique est relativement cher.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 29 Octobre 1902.

M. **T. F. Harvey** a employé la méthode de Wijs à la détermination des indices d'iode des huiles et graisses. Les avantages qu'elle présente — stabilité de la solution, rapidité du travail, absence de variations quand les conditions d'expérience changent — lui paraissent suffisants pour qu'elle remplace bientôt complètement la méthode de Hubl. L'auteur donne tous les détails pour la préparation de la solution et l'exécution des essais.

Séance du 26 Novembre 1902.

M. **H. St. Garry** étudie les méthodes de comptabilité employées dans les usines pour le calcul du coût des matières premières, des salaires, des frais de production et du prix de revient.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 24 Novembre 1902.

M. **J. E. Bedford** étudie la situation des industries chimiques et de l'enseignement technique dans le Yorkshire.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 2 30 JANVIER 1903

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Les positions absolues en Astronomie. — Les résultats fournis par l'observation directe des astres doivent subir un certain nombre de légères modifications, de *corrections*, pour donner la valeur exacte et définitive de la quantité que l'on se propose d'obtenir. Lorsqu'il s'agit, en particulier, de déterminer la position absolue d'un astre sur la sphère céleste, on applique aux nombres obtenus des corrections qui sont de trois espèces :

1° Les corrections astronomiques proprement dites, qui constituent ce qu'on appelle la réduction du lieu apparent au lieu moyen, provenant de la variabilité des plans de référence sur lesquels sont basés les systèmes de coordonnées astronomiques (précession, nutation, etc.) et de la combinaison du mouvement de l'observateur avec la transmission de la lumière (aberration). Il faut y ajouter l'effet de la parallaxe pour les astres les plus voisins de notre globe (Lune, Soleil, planètes, comètes), et l'on doit aussi tenir compte de la déviation des rayons lumineux dans l'atmosphère terrestre (réfraction), en particulier quand il s'agit de déterminer des distances polaires par des observations méridiennes;

2° Les corrections instrumentales, qui résultent de l'imperfection relative des instruments et dont l'influence dépend, à un haut degré, du soin avec lequel les salles d'observation ont été installées;

3° Les corrections personnelles, qui proviennent de l'observateur lui-même.

La Conférence internationale, réunie à Paris en 1896, a adopté un certain nombre de résolutions relatives au premier de ces trois points; des procédés ingénieux ont été préconisés dans le but d'augmenter la précision de la mesure des corrections de la deuxième espèce; mais celles que nous avons citées en troisième lieu ne constituent pas encore, à proprement parler, un ensemble de corrections appliquées d'une manière systématique aux nombres fournis par l'observation. Or, l'erreur d'appréciation que commet un observateur dans un genre déterminé de mesures se produit généralement toujours dans le même sens : on lui a donné le nom d'*équation personnelle*, et elle doit être connue dans les observations de passage, qui ont pour but la mesure des ascensions droites, et dans les mesures micrométriques, dont l'objet est, en général, la détermination des déclinaisons.

Comment éliminer ces erreurs? On espère couramment y parvenir par la combinaison des résultats d'un certain nombre d'observateurs, mais c'est là un procédé empirique dont l'application est condamnée par l'expérience. Persévérer dans cette voie, c'est vouloir toujours dissimuler l'erreur et cacher la difficulté : aussi faut-il hautement louer M. P. Stroobant de s'élever avec énergie contre la tradition et la coutume. Dans l'*Annuaire Astronomique* de 1903, il montre l'importance et l'actualité de la question et donne un exposé sommaire des divers moyens imaginés pour la mesure de l'équation personnelle avec indication des principaux résultats obtenus. D'ailleurs, la diversité des conditions d'observation nécessite, dans la détermination des positions absolues, la connaissance de cette correction, non seulement pour les étoiles d'éclats différents et de diverses vitesses apparentes, mais aussi pour les astres ayant un diamètre sensible.

La découverte de l'équation personnelle dans les observations de passage remonte à un siècle : en 1795, Maskelyne remarqua, pour la première fois, une différence systématique entre ses observations et celles de son aide. En 1820, Bessel cherche à comparer son erreur personnelle à celles d'Argelander et de Struve; en 1850, Bond imagine et applique, à Cambridge (Etats-Unis), une ingénieuse méthode électrique pour apprécier l'équation personnelle; après les essais de MM. Hartmann, Prazmowsky, Michel, etc..., M. Hirsch obtient enfin un appareil déjà plus parfait et, avec M. Wolf à l'Observatoire de Paris, on obtient le modèle de la plupart des instruments construits depuis. Citons encore les travaux de MM. Kaiser, Harkness, Bakhuysen, Wislicenius, Christie, Gonnessiat et de M. P. Stroobant lui-même.

Mais nous ne pouvons entrer dans de plus amples détails : l'exposé critique de l'auteur est en tous points excellent. Il montre que, loin d'être inabordable, ce problème est déjà suffisamment élucidé pour que la solution rentre dans la pratique, et, puisque l'équation personnelle modifie les positions obtenues pour les divers corps célestes et peut amener, suivant les cir-

constances, des écarts systématiques dans les résultats fournis par l'observation, il est naturel de faire entrer cette correction, dont la valeur absolue doit être déterminée expérimentalement, d'une manière courante dans les calculs de réduction. On ne saurait trop insister sur d'aussi saines conclusions : faute de quoi, la précision de toutes les autres corrections est illusoire et l'Astronomie *de précision* est un vain mot.

§ 2. — Physique du Globe

Tremblements de terre en Bulgarie au XIXe siècle. — M. S. Watzof, directeur de l'Institut Central Météorologique de Bulgarie, a tenté de recueillir toutes les données possibles sur les secousses ressenties dans son pays; c'est là un travail de statistique, sans conclusions et sans recherche de liaisons générales; mais cette statistique même est très utile, et constitue une sorte de précieuse table des matières où l'on pourra puiser une vérification ou une confrontation. Dans la période récente, les renseignements sont assez nombreux, fournis par des observateurs bénévoles, des météorologistes, des bureaux de postes et de télégraphes, des maîtres d'école, etc...; toutefois, chacun n'a pas encore de montre bien réglée, il n'y a pas d'instructions générales pour les éclairer les unes par les autres; depuis quelques années, cependant, des circulaires ont été envoyées et les observations, faites sur un type convenu, sont devenues plus utiles.

Le travail fut néanmoins fort malaisé de réunir des renseignements épars concernant certains tremblements de terre qui se sont produits en Bulgarie avant même que ce pays fût constitué en Principauté ou dans les premières années de cette création, c'est-à-dire, alors, qu'il était impossible d'y cultiver les sciences. La plupart de ces données sont recueillies dans des journaux et revues périodiques bulgares, dont la plus ancienne, publiée à Constantinople, ne remonte guère au delà de l'année 1843. C'est dire la difficulté d'avoir des renseignements *complets*. L'auteur pense y parvenir bientôt en compulsant des notices faites sur d'anciens livres d'églises, des chroniques inédites, des journaux intimes, etc.; nous souhaitons le succès d'une telle entreprise, mais, en tout cas, tel qu'il est déjà, ce travail constitue un document intéressant.

§ 3. — Physique expérimentale

Sons produits par les décharges électriques et dans les flammes. — On connaît les intéressantes expériences de M. Duddell : l'arc voltaïque chantant de ce savant trouve, en ce moment, d'intéressantes applications dans les essais de télégraphie sans fil qui se poursuivent, par exemple, à Berlin. C'est pourquoi, il ne sera pas sans intérêt de signaler les recherches du Professeur A. Righi, de Rome, lequel, avec un autre dispositif, a réussi à produire des phénomènes sonores analogues, bien que dus à une cause quelque peu différente.

Comme on le voit sur la figure 1, que nous empruntons, ainsi que les détails suivants, au *Nuovo Cimento*, l'arc voltaïque de l'expérience de M. Duddell a été remplacé par un tube à air raréfié G, avec électrodes en aluminium, et, dans le circuit dérivé MCN, on a inséré, en dehors du condensateur C, un téléphone T. Le circuit principal comprend une batterie de 400 petits accumulateurs, représentée en B, lesquels, avec la forte résistance R, constituée par des tubes remplis d'une solution de sulfate de cuivre, donnent un courant de quelques milliampères, mesuré par le milliampère mètre A.

Le tube à vide G contient deux électrodes cylindriques, arrondies aux extrémités : l'une d'elles est fixe, tandis que l'autre, au moyen de petits chocs donnés au tube, peut se placer à des distances variables de la première; pour une pression de l'air ambiant d'un centimètre, une distance de $0^m,05$ a été trouvée convenable.

Or, si l'on vient à fermer d'abord le circuit dérivé, puis le circuit des accumulateurs, on produit, avec une sûreté presque absolue, un son musical d'une hauteur variable selon les circonstances, en même temps que l'on observe, entre les électrodes du tube à vide, les phénomènes lumineux bien connus. Le téléphone, bien que n'étant pas d'une absolue nécessité, sert à renforcer les effets acoustiques.

La hauteur du son, nous l'avons dit, dépend de diverses circonstances; la note s'élève, en effet : 1° quand on diminue la résistance R; 2° quand on augmente le nombre des accumulateurs, et qu'on diminue soit la capacité du condensateur, soit la distance réciproque des électrodes, soit la pression de l'air du tube.

On peut obtenir une succession de sons musicaux et réaliser ainsi un instrument de musique d'un genre nouveau, lorsque, ayant détaché de la batterie l'un des rhéophores, on en touche tantôt l'un, tantôt l'autre des éléments dont la pile est composée.

Le nombre de vibrations par seconde du son obtenu

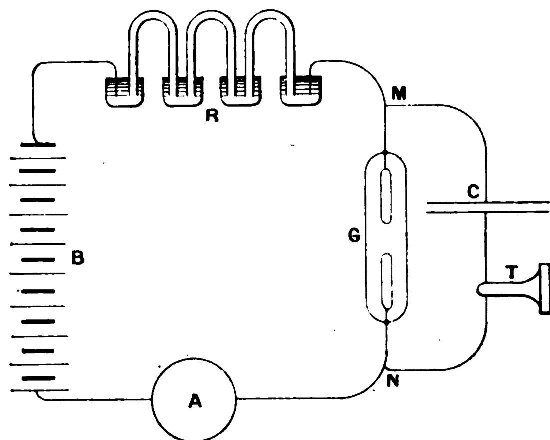


Fig. 1. — *Dispositif de M. Righi pour la production des sons par les décharges électriques.* — **G, tube à air raréfié ; MCN, circuit dérivé ; C, condensateur ; T, téléphone ; B, batterie; R, résistance; A, milliampèremètre.**

est bien inférieur au nombre des oscillations électriques par seconde du système; il faut donc définitivement écarter l'idée que le son aurait la même origine que celui qu'obtient M. Duddell avec l'arc voltaïque. Il s'agit, on le voit, non pas d'un courant alterné, mais d'une succession de décharges, dont l'auteur rend compte de la manière suivante :

Au moment de la fermeture du courant, la différence de potentiel entre les électrodes du tube n'atteint sa valeur maxima qu'après un certain retard, dû à ce qu'il s'établit d'abord un courant qui charge le condensateur. Mais, ce courant ne tardant pas à baisser, la différence de potentiel augmente, et une décharge du condensateur à travers le tube a lieu. Celle-ci ayant cessé, le phénomène se reproduit indéfiniment, et l'on comprend aisément la relation qui doit exister entre la fréquence de ces décharges et la résistance, la capacité et les autres facteurs du circuit.

On obtient des phénomènes tout analogues en remplaçant le tube G par la flamme d'un brûleur de Bunsen. Ce dispositif avait, du reste, déjà été employé, au lieu de l'arc voltaïque, par M. Ruhmer, dans l'expérience de l'arc parlant de Simon. En rendant cette flamme assez conductrice, au moyen d'un dépôt de chlorure de sodium sur les plaques en platine servant d'électrodes, on lui fait émettre un son très perceptible, bien que de moindre intensité que les sons produits par le téléphone T.

§ 4. — Électricité industrielle

Dissymétrie des courants alternatifs. — M. B. Mitkievicz résume, dans le *Journal de la Société physico-chimique russe*, les résultats de ses recherches sur la dissymétrie des courants alternés. Après avoir émis l'opinion que tous les phénomènes où se manifeste une dissymétrie semblable (notons, par exemple, le redresseur à lame d'aluminium et l'interrupteur Wehnelt) sont analogues à ceux que présente l'arc voltaïque, l'auteur entreprend une étude soignée de ce cas plus simple.

On a démontré que la moindre asymétrie des électrodes entre lesquelles passe l'arc voltaïque à courant alterné s'accompagne d'une dissymétrie de ce dernier. Rappelons plus particulièrement les recherches de M. Blondel, suivant lesquelles il faut distinguer entre deux régimes distincts, correspondant respectivement aux arcs inférieurs ou supérieurs à 1 millimètre de longueur; le premier, à dissymétrie peu sensible, passe, d'une manière tout à fait discontinue, au régime caractérisé par une asymétrie très considérable.

M. Mitkievicz étudie, de plus près, la question de la force électromotrice antagoniste, en déterminant, par une méthode oscillographique, au moyen d'un tube de Braun, la courbe des différences de potentiel aux électrodes de l'arc, au moment même où celui-ci se produit.

Tableau I. — ***Mesures de la force antagoniste d'électrodes de substances différentes.***

	CHARBON sans mèche	CHARBON avec mèche	CUIVRE	ALUMINIUM	FER	MERCURE
	volts	volts	volts	volts	volts	volts
Charbon sans mèche (9mm)	12	14	16	16	16	6
— avec — (10mm)	7	6	»	»	»	»
Cuivre (5mm)	9	»	8	»	15	»
Aluminium (5mm)	8	»	»	16	»	»
Fer (8mm)	10	»	17	»	16	»
Mercure	11	»	»	»	»	»

Cette courbe présente deux discontinuités, correspondant aux moments de production et d'extinction de l'arc. Le tableau I ci-dessus donne les mesures, effectuées par compensation, de l'ordonnée du premier point de discontinuité, pour laquelle un arc n'est pas possible, c'est-à-dire de la force électromotrice antagoniste, pour les combinaisons, deux à deux, d'électrodes de six substances différentes.

Les nombres de ce tableau s'accordent parfaitement avec les résultats de M. Duddell, obtenus par voie détournée, tandis qu'ils sont bien inférieurs aux valeurs généralement adoptées. La relation existant selon le tableau entre le sens du courant et la force électromotrice antagoniste peut très bien expliquer les dissymétries relativement faibles du premier régime de M. Blondel. Mais, quant au second régime, celui des arcs d'une longueur supérieure à 1 millimètre, ni la force électromotrice relativement faible dans les deux sens, ni les variations discontinues de la conductibilité de l'arc, ne suffisent à rendre compte des phénomènes; l'auteur suggère alors l'hypothèse d'une *conductivité unilatérale du milieu gazeux*, se manifestant d'une façon particulièrement sensible dans le second régime de l'arc.

La puissance électrique et hydroélectrique disponible en Suisse. — Le récent Congrès de la « Houille Blanche » a permis de se rendre compte de la grande quantité d'énergie disponible sous forme hydraulique et de la faible partie de cette énergie déjà utilisée. Quelques chiffres ont été donnés pour les principaux bassins visités par les membres du Congrès, chiffres naturellement approximatifs et dont le total n'atteindrait pas moins de 5 millions de chevaux suivant les uns, 3 millions de chevaux suivant les autres (pour la région des Alpes, c'est-à-dire la région située entre la Méditerranée, le Rhône et les Alpes). Dans ce nombre, le département des Hautes-Alpes seul figurerait pour 500.000 chevaux. La proportion utilisée atteint seulement le 1/20 de l'énergie hydraulique disponible. Les chiffres comparatifs viennent de nous être donnés pour la Suisse, à la suite de travaux de statistique soigneusement effectués pour les différents cantons.

Celui des Grisons disposerait, paraît-il, d'une puissance d'environ 125.000 chevaux, dépassant ainsi de beaucoup le canton de Berne, dont la puissance est de 74.000 chevaux environ, celui d'Argovie, avec environ 69.000 chevaux, celui de Zurich, avec 30.000 chevaux. Le canton d'Appenzell vient en dernier rang, avec 452 chevaux seulement. Le Valais, dont la puissance s'élève à 87.000 chevaux, détient 15 °/o des forces motrices de la Suisse et, avec Berne et les Grisons, la moitié des forces hydrauliques de la Suisse entière.

Bien que l'utilisation de cette énergie soit plus avancée en Suisse qu'elle ne l'est en France, l'énergie non utilisée dépasse encore beaucoup l'énergie utilisée, cette dernière s'élevant, d'après les statistiques du Professeur Wyssling, à 105.000 kw. environ, dont 23 °/o pour l'électrochimie, 14 °/o pour la traction, 63 °/o pour l'éclairage et les moteurs. A ces 105.000 kw. électriques s'ajoutent environ 5.000 chevaux de moteurs à vapeur et 4.000 chevaux de moteurs à gaz et à pétrole.

L'Électro-aimant comme appareil de levage. — Il faut une certaine expérience pour attacher sûrement et rapidement un fardeau au crochet d'une grue. La Sandicraft Foundry C°, de Chester, a eu l'idée ingénieuse de remplacer, pour le chargement des pièces de fer, ce crochet par un électro-aimant, de telle sorte qu'il suffise de placer la charge à son contact et de fermer le circuit pour qu'on puisse la soulever et la transporter en toute sûreté sans le secours de câbles ni de liens d'aucune sorte. On peut transporter ainsi en toute sûreté un poids de 2 tonnes.

Application de l'électricité à la verrerie. — Deux industriels allemands, MM. Volker et Becker, viennent de décrire un procédé nouveau de verrerie, employé depuis quelque temps dans une usine du Tyrol.

Les propriétés thermiques de l'arc électrique ont déjà reçu de nombreuses applications du même genre. Pour le verre cependant, on s'était heurté à l'inconvénient du grand accroissement de conductibilité de cette matière par suite de la fusion. Dans le four à vitrifier de MM. Volker et Becker, la masse de verre est maintenue séparée des électrodes, et une grande résistance demeure en circuit.

On considère déjà comme hors de doute la possibilité de produire ainsi des verres d'excellente qualité; mais les prix de revient paraissent être plus élevés que

par les procédés habituels, et l'avenir seul dira si l'économie doit permettre le développement pratique du procédé.

§ 5. — Chimie physiologique

Les Enzymoïdes. — Les biologistes rattachent au groupe des diastases, ferments solubles, ou enzymes, un certain nombre de substances dérivant, comme les enzymes, des tissus ou des liquides de l'organisme et possédant tout au moins certaines de leurs propriétés générales. Tels sont : les toxines microbiennes et les venins, les antitoxines, les agglutinines, les précipitines, les hémolysines et les bactériolysines.

Les enzymes sont des substances de composition et de constitution inconnues, détruites par la chaleur humide à une température inférieure à 100°; elles provoquent des transformations chimiques d'ordre catalytique et, par conséquent, se retrouvent inaltérées qualitativement et quantitativement à la fin de l'opération; elles sont donc capables, en quantité infiniment petite, de provoquer des transformations infiniment grandes. Ces enzymes sont solubles dans l'eau et dans la glycérine, insolubles dans l'alcool, précipitées par l'alcool de leur solutions aqueuses ou glycérinées, et solubles dans l'eau après traitement alcoolique et dessiccation à basse température. Elles sont douées de propriétés colloïdes et, notamment, ne dialysent que très lentement et très imparfaitement, et se laissent englober et entraîner par les précipités floconneux qu'on détermine dans les liqueurs où elles existent.

Les enzymes constituent donc un groupe de substances caractérisées : d'une part, par leurs solubilités et insolubilités et par leurs propriétés colloïdales, d'autre part, par leur mode d'action sur les substances transformables : ce sont des agents de transformation chimique, capables, nous l'avons dit ci-dessus, de provoquer des transformations chimiques infiniment grandes, étant elles-mêmes en quantité infiniment petite, et se retrouvant inaltérés, une fois accomplie la transformation chimique.

Les substances, toxines, antitoxines, etc., qu'on a rapprochées des enzymes possèdent-elles les deux groupes de caractères fondamentaux des enzymes? Si oui, il est légitime d'en faire purement et simplement des enzymes; si non, il convient de les en séparer nettement, pour en faire un ou plusieurs groupes distincts.

Or, si les toxines et les venins, si les antitoxines, si les agglutinines et les précipitines, si les hémolysines et les bactériolysines possèdent incontestablement les précipitabilités et les solubilités des enzymes et leur état colloïdal, elles ne possèdent nullement leurs caractères d'agents chimiques catalytiques. Elles doivent donc constituer un groupe distinct du groupe des enzymes; mais elles ne doivent pas être absolument séparées des enzymes, dont elles possèdent les propriétés physiques. Il est légitime, par conséquent, de réunir ces différentes substances sous la dénomination d'*enzymoïdes*, que nous proposons[1] pour rappeler qu'elles se rapprochent des enzymes sans se confondre avec elles.

Les toxines, notamment les toxines diphtérique et tétanique, et les venins sont détruits par la chaleur humide au-dessous de 100°; ils sont précipités par l'alcool, solubles dans l'eau, entraînés par les précipités de phosphate de chaux, etc. Mais les phénomènes provoqués par les toxines et par les venins sont des phénomènes physiologiques, et nous ignorons absolument si ces phénomènes physiologiques sont la conséquence de phénomènes chimiques, produits par les toxines et les venins. En supposant même que les toxines et les venins agissent bien chimiquement, nous ignorons la nature et la quantité de la substance transformée par eux dans l'organisme, et nous ne pouvons, en conséquence, appliquer aux toxines et aux venins la loi fondamentale de l'action des enzymes, à savoir qu'elles agissent en quantité infiniment petite pour produire des transformations chimiques infiniment grandes. Sans doute, mais ce n'est pas la même chose, les toxines et les venins agissent en quantité infiniment petite pour provoquer des phénomènes physiologiques infiniment grands : ici, c'est le domaine physiologique, ce n'est plus le domaine chimique.

Les antitoxines, comme les toxines, doivent être nettement séparées des enzymes. On ne connaît pas l'antitoxine pure; on connaît seulement les sérums antitoxiques, dans lesquels l'antitoxine pure existe en quantité probablement très petite, en tout cas absolument inconnue. On ne peut donc pas dire qu'une quantité infiniment petite d'antitoxine transforme une quantité de toxine infiniment grande.

Sans doute, le venin est modifié par l'agent actif du sérum antivenimeux, et l'on a le droit d'admettre une transformation chimique du venin sous l'influence de l'antivenin; mais cet antivenin lui-même disparaît en agissant sur le venin, et par là se distingue des enzymes qui survivent à la transformation qu'elles ont accomplie.

A un autre point de vue encore, les antitoxines diffèrent des enzymes. Dans le cas des transformations par enzymes, la vitesse de la réaction dépend essentiellement, toutes autres conditions égales, de la quantité de diastase agissante : elle croît avec la quantité de diastase; l'équilibre chimique terminal, c'est-à-dire le rapport des quantités de substance transformée et de substance non transformée, est, toutes autres conditions égales, à peu près indépendant de la quantité de diastase employée. Dans le cas des actions d'antitoxines sur les toxines au contraire, l'état d'équilibre final, la toxicité finale du mélange est très rapidement atteinte. Cette toxicité finale dépend essentiellement de la quantité d'antitoxine employée : la diminution de la toxicité est proportionnelle à cette quantité.

Quant aux agglutinines, précipitines, bactériolysines et hémolysines, on en ignore absolument la nature et on ne saurait affirmer que ces agents ne sont pas purement et simplement des substances protéiques des sérums agglutinants, précipitants, bactériolytiques et hémolytiques. On ne saurait dire si ces agents sont agents de transformation chimique ou agents de modification physique, ou agents physiologiques. On sait seulement qu'ils sont détruits par la chaleur, précipités par l'alcool, solubles dans l'eau, doués de propriétés colloïdales. Pour rappeler ces propriétés, on peut les rapprocher des enzymes, sans doute; on doit les en séparer pourtant, puisqu'on n'a établi ni le caractère chimique de la transformation produite, ni les lois de cette transformation.

Ce sont donc des enzymoïdes.

Les développements dans lesquels nous venons d'entrer nous conduisent ainsi à séparer des enzymes toutes les substances et tous les agents qu'on a voulu faire entrer dans leur groupe depuis quelques années. Ni les toxines, ni les antitoxines, ni les agglutinines, etc., ne sont des enzymes vraies. Ce sont des enzymoïdes, c'est-à-dire des substances possédant les solubilités et insolubilités des enzymes, leur caractère colloïdal, leur destructibilité par la chaleur humide au-dessous de 100°.

Le groupe des enzymoïdes, d'ailleurs, nous apparaît comme essentiellement hétérogène; il réunit, sans doute, des substances absolument dissemblables, et n'a par conséquent qu'une valeur provisoire; il présente pourtant quelque utilité, car il permet de connaître d'un seul coup les propriétés de tous ces corps et de diminuer par là l'effort de mémoire que doit produire l'étudiant en Chimie physiologique.

Maurice Arthus,
Chef de Laboratoire
à l'Institut Pasteur de Lille.

[1] *Eléments de Chimie physiologique*, 4e édition, Masson et Cie, éditeurs, Paris, 1903.

Les relations de l'autolyse des organes avec la coagulation du sang. — Les recherches d'Alexandre Schmidt et de ses élèves, de Wooldridge, de Lilienfeld, de Contejean ont établi que le maintien du sang à l'état liquide ne dépend pas uniquement des éléments mêmes du sang, mais aussi de matériaux fournis par les tissus. M. Paulow a montré, d'autre part, que le sang perd son aptitude à la coagulation lorsqu'on l'oblige à ne plus circuler qu'à travers le cœur et le poumon, et M. Dohr est arrivé au même résultat en mettant le foie et l'intestin en dehors du circuit circulatoire. Les recherches relatives à l'action des peptones (albumoses) sur le sang ont fait voir également que le foie est le lieu de formation d'une substance anticoagulante.

Comme Jacoby a démontré que l'autolyse des organes, découverte par Salkowski, est un phénomène dont les conditions sont déjà réalisées dans la cellule vivante, M. H. Conradi[1] s'est proposé d'étudier l'influence des produits d'autolyse de divers organes sur la coagulation extra et intravasculaire du sang, et de saisir ainsi, d'une façon plus directe et plus précise, les relations du sang avec les tissus, en ce qui concerne la coagulation. Cette autolyse a été pratiquée soit en milieu antiseptique (en présence de chloroforme ou de toluène), soit avec les organes extraits aseptiquement et maintenus à 37° dans une chambre humide et stérile. De plus, on a étudié parallèlement l'action des sucs fournis par les mêmes organes, exprimés à la presse de Buchner.

In vitro, les *sucs d'expression* de tous les organes examinés (foie, rate, rein, muscle, poumon, cerveau, testicule, thymus, moelle épinière, glandes lymphatiques) ont accéléré la coagulation. L'agent accélérant (*thrombine*) est précipité par l'alcool, retenu par le filtre Chamberland, mais non par les corps pulvérulents, et il est détruit par l'ébullition. Au contraire, les *sucs d'autolyse* contiennent une substance anticoagulante, une *antithrombine*, précipitée aussi par l'alcool, mais qui passe à travers le filtre Chamberland, et *qui n'est pas détruite par l'ébullition*. Tandis que la thrombine n'est enlevée que difficilement aux cellules, au contraire l'antithrombine passe facilement dans les liquides d'autolyse. De là résulte que le liquide d'autolyse est anticoagulant, tandis que l'agent coagulant se trouve, au contraire, dans les sucs d'expression, c'est-à-dire qu'il faut la destruction mécanique de toutes les cellules et une expression puissante pour obtenir la mise en liberté de l'agent coagulant.

En *injection intravasculaire*, les *sucs d'expression* amènent des coagulations étendues et la mort. Quant aux *liquides d'autolyse*, ils produisent d'abord une accélération, puis un retard. Lorsqu'on injecte des mélanges de thrombine et d'antithrombine, on constate que la première est beaucoup plus puissante que la seconde.

Bien que la préexistence de ces deux agents dans les protoplasmes vivants ne soit pas certaine, ces recherches n'en constituent pas moins une intéressante contribution à l'étude si complexe de la coagulation du sang, considérée dans ses rapports avec les propriétés des tissus.

§ 6. — Géographie et Colonisation

L'âme soudanaise. — C'est le titre d'une curieuse et intéressante conférence que le docteur Barot, médecin colonial, a faite le 22 décembre, sous le patronage de l'*Union Coloniale Française*. Le conférencier s'est particulièrement occupé des races noires du Soudan, qu'il a pu observer sur place, évoluant dans leur milieu naturel, ce qui est essentiel si l'on veut avoir une notion exacte de leur valeur intellectuelle et de leur perfectibilité. Selon lui, le nègre de la côte est un être aussi anormal que le négrillon des magasins parisiens ou le noir des caricatures.

Après avoir rappelé que la barbare traite des noirs s'était faite jusqu'à l'occupation du pays par nos troupes, mais qu'elle est désormais supprimée, le docteur Barot s'est élevé avec véhémence contre une opinion, plus littéraire que scientifique, d'après laquelle les nègres seraient des êtres imperfectibles, qui resteront demain ce qu'ils étaient il y a 40 siècles. Pourquoi se refuser à leur reconnaître des qualités morales et psychiques ? Pourtant Faidherbe, Galliéni, Barth, René Caillié, Soleillet et bien d'autres explorateurs ne contestent pas aux noirs la possession de certaines qualités susceptibles d'être développées. Paul Soleillet va même jusqu'à dire qu'il n'existe chez le noir qu'une infériorité d'éducation. La vérité, selon le docteur Barot, c'est que le nègre est dans un état de civilisation assez semblable à celui de nos ancêtres du IVe siècle; aussi bien, nous devons l'aider à faire ce long chemin qui le sépare de notre civilisation moderne, non pas brusquement, ce qui serait maladroit et même dangereux, mais progressivement. Est-ce que nous-mêmes, nous n'avons pas mis de longs siècles à profiter des trésors accumulés par les civilisations grecque et romaine?

Le docteur Barot décrit avec complaisance les qualités physiques du nègre et de la négresse; il cherche à dégager le type de la beauté noire, car les noirs ont une esthétique incontestable. Il cite de beaux et nobles exemples de courage chez les tirailleurs soudanais, qui sont pour nos troupes d'admirables collaborateurs, dévoués jusqu'à la mort. En d'autres temps et en d'autres pays, ces noirs seraient de véritables héros.

Le sentiment de l'équité est particulièrement développé chez les nègres. Aussi c'est par notre esprit de justice et d'intégrité que nous arrivons à leur inspirer confiance. Ils aiment passionnément leur mère. Ils ont aussi l'amour du pays natal, car ils conservent toujours au cœur l'espoir d'y revenir. La reconnaissance n'est pas inconnue d'eux. A ce propos, le docteur Barot cite l'exemple d'un nègre dont il avait soigné la blessure et qui, une fois guéri, ayant entendu dire que son médecin cherchait un singe intéressant au point de vue zoologique, partit pour son pays, fit un long voyage et revint deux mois après avec un singe cynocéphale, qu'il offrit à son sauveur. Il avait fait 360 kilomètres! C'est une marque de reconnaissance qui aurait pu toucher même des médecins européens.

Les nègres aiment les discours. Ils ont des légendes, dont quelques-unes, traduites par le conférencier, ne manquent pas de saveur. Ils donnent ordinairement à leurs récits la forme de fables dont les acteurs sont des animaux. Notons, à ce point de vue, que les noirs ne doivent pas avoir les mêmes idées que nous sur la psychologie des bêtes; c'est ainsi que le rôle du Renard de nos fables est tenu chez eux par le Lièvre.

Les noirs pourraient devenir de bons et habiles ouvriers. Déjà, ils savent fabriquer des étoffes et des broderies; ils cherchent à imiter nos meubles et les objets que nous leur apportons. Certes, il serait possible de développer leur habileté manuelle et leurs qualités intellectuelles si, au lieu de verroterie, de pacotille, et surtout d'alcool et d'absinthe, on leur vendait, par exemple, des outils qui leur permettraient de mieux cultiver la terre et qui leur serviraient en même temps de modèles industriels.

Nous devons montrer, dit le conférencier, que nous possédons cet esprit colonial qu'on nous a tant contesté, mais que nos concurrents en colonisation commencent à nous reconnaître. Pour cela, nous devons d'abord nous faire aimer des populations indigènes par la dignité de notre tenue, par le respect de leurs croyances, par notre esprit d'équité, par les soins médicaux que nous devons leur prodiguer. Nous devons pratiquer dans ces colonies ce qu'on a appelé la « politique

[1] H. CONRADI : *Beiträge zur chem. Physiol. u. Pathol.*, t. I, p. 136-182. — Le lecteur trouvera là les indications bibliographiques relatives aux travaux cités au début de la présente analyse.

de l'honnêteté ». « Elle consiste, cette politique, à ne pas enlever aux indigènes ce qui est à eux : ni leurs terres, ni leurs champs, ni leurs pâturages, ni leurs palmiers, ni leurs lianes, *ni leurs coutumes*, *ni leur religion*, *ni leur droit de rendre la justice*, ni la liberté de leurs échanges; à respecter tout ce qui constitue leur propriété... L'indigène est le grand producteur et le grand consommateur. C'est de lui seul, c'est de son travail que dépendent la prospérité du commerce et la richesse de la colonie. Quant à nous, Européens, notre action demeure assez belle, puisqu'elle consiste à diriger les indigènes... »

N'oublions pas, non plus, l'excellent instrument de colonisation qu'est la langue française. Aussi le Dr Barot proteste vigoureusement contre ceux qui se croient obligés de *parler nègre*, car le noir apprendrait aussi bien le bon français que le charabia. La langue française devrait être un des meilleurs moyens à employer pour arriver à l'unification des régions africaines. Le Dr Barot cite, en effet, le cas de trois nègres originaires de pays éloignés les uns des autres et parlant des dialectes si différents qu'ils ne purent se comprendre, à leur grand étonnement, qu'en français.

Le conférencier termine en affirmant l'existence de l'âme soudanaise : c'est elle, dit-il, qui, peut-être dans plusieurs siècles, sera reconnaissante à la France de lui avoir donné la lumière et l'indépendance.

E. Caustier,
Agrégé de l'Université.

La culture du coton dans l'Empire britannique. — Manchester se plaint amèrement des exigences toujours croissantes des planteurs américains. L'industrie anglaise est, à chaque instant, menacée d'une famine du coton, tout au moins d'une disette provoquée par les spéculations d'outre-océan. Il y a, d'autre part, un courant grandissant d'opinion qui pousse à faire de l'Empire britannique un monde capable de se suffire en toutes choses à lui-même. C'est sous cette double influence que s'est constituée récemment la *British Cotton Grewing Association*, au capital de 50.000 livres sterling, qui se propose de rechercher les terres britanniques propres à la culture du coton, et d'augmenter et d'améliorer la récolte par tous les moyens.

Son premier acte a été de s'adresser aux représentants autorisés de toutes les colonies, pour obtenir des renseignements préliminaires précis. Il en est résulté une série de Rapports intéressants, dont nous extrayons les notes suivantes :

Basse-Egypte. — Toutes les terres actuellement propres à la culture du coton sont déjà plantées. Quand les grands travaux hydrauliques aujourd'hui en cours seront terminés, l'étendue des terres irriguées sera augmentée de 15 à 20 %, soit 300.000 acres. La moitié environ de l'étendue gagnée pourra être mise sous coton.

Soudan. — 15 millions d'acres réunissent toutes les conditions favorables à une bonne récolte de cette fibre. Le climat est meilleur que celui de l'Egypte, grâce aux pluies qui alternent régulièrement avec les périodes de sécheresse.

Dans plusieurs parties de la contrée, les irrigations ne seront même pas nécessaires; il en est notamment ainsi de la région de l'Atbara et du Nil Bleu. Le coton est déjà cultivé au Soudan et la récolte augmente rapidement.

Inde. — Le coton indien est de très mauvaise qualité et ne s'améliore pas, malgré les efforts du Gouvernement. Ceci ne tient ni à la nature du sol, ni aux conditions climatériques, mais aux semences employées et aux méthodes tout à fait rudimentaires de culture. Le problème à résoudre ici est donc plutôt politique que technique.

Côte occidentale de l'Afrique moyenne. — C'est ici, semble-t-il, que les meilleurs résultats peuvent être espérés. Le coton y croît spontanément et les indigènes l'emploient pour leur usage. L'étendue cultivable est pratiquement illimitée, les conditions climatériques aussi favorables que possible, la main-d'œuvre abondante et à bon marché. Le plan de la Compagnie est de pousser les indigènes eux-mêmes à entreprendre la culture pour l'exportation, en leur enseignant les meilleures méthodes, en leur octroyant des semences et des primes. Il sera aisé d'établir les voies de communication nécessaires pour amener économiquement les produits aux ports d'embarquement. On estime que le Lagos, le Sierra-Leone, la Côte-d'Or et la Gambie pourraient, à eux seuls, approvisionner tout le Lancashire.

On trouve aussi de bonnes terres à coton dans la plaine du Zambèze et dans celle du Chiré.

§ 7. — Enseignement, Universités et Sociétés

Enseignement géographique à l'Université de Paris. — Un enseignement de Géographie et Colonisation de l'Afrique du Nord vient d'être créé par l'Université de Paris à la Faculté des Lettres, avec le concours du Gouvernement Général de l'Algérie et de la Résidence Générale de Tunis.

Notre distingué collaborateur M. Augustin Bernard, dont la *Revue* publie dans le présent fascicule une remarquable étude sur les productions, l'agriculture et l'industrie au Maroc, a été chargé de cet enseignement. Son cours a lieu le vendredi, à 3 h. 1/2, à la Sorbonne (amphithéâtre Turgot); le professeur y traite cette année du Maroc.

Ligue des médecins et des familles pour l'amélioration de l'hygiène physique et intellectuelle dans les écoles. — Cette Ligue, dont la *Revue* a annoncé la formation, vient de tenir sa première assemblée générale annuelle, sous la présidence du Dr P. Le Gendre, assisté du Dr A. Mathieu, secrétaire général. M. le Ministre de l'Instruction publique s'était fait représenter par M. Rabier, directeur de l'Enseignement secondaire.

L'assemblée a voté trois résolutions : 1° la création d'un bulletin officiel de la Ligue, intitulé : l'*Hygiène scolaire*; 2° l'organisation d'un Congrès national de Pédagogie physiologique en 1903; 3° le mandat donné à son Comité de poursuivre auprès des Conseils départementaux l'organisation effective de l'inspection médicale scolaire dans tous les départements qui en sont encore dépourvus, malgré l'obligation que leur en font une loi de 1886 et un décret de 1887.

Le Directeur de l'Enseignement secondaire a félicité les organisateurs de la Ligue et leur a fait espérer que leurs revendications trouveraient toujours un accueil favorable dans ce qu'elles auront de juste et de pratique.

Université de Lyon : Prix Etienne Falcouz. — Les quatre prix biennaux « Etienne Falcouz », de la valeur de 1.000 francs chacun, sont destinés à récompenser le meilleur Mémoire sur une question d'actualité mise au concours par le Conseil de l'Université de Lyon, dans chaque ordre d'études : Droit, Médecine, Sciences, Lettres.

Voici les sujets proposés pour le concours de 1904 :

Faculté de Droit : « Des chemins de fer métropolitains ». Par suite des annuités accumulées, et ce prix n'ayant pas été décerné en 1902, la valeur des récompenses sera de 3.000 francs.

Faculté de Médecine : « Le paludisme dans les Dombes ».

Faculté des Sciences : « La diffusion ».

Faculté des Lettres : « Etude de morphologie ou de syntaxe comparée sur les parlers actuels de la région lyonnaise (région franco-provençale) ».

Les travaux présentés aux Facultés de Médecine et des Sciences pourront être imprimés ou manuscrits. Ils devront parvenir au Secrétariat de l'Université avant le 1er mai 1904.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE

I. — LES DIVERSES SORTES D'EXPLICATIONS MÉCANIQUES

Au milieu du XIXe siècle, la Mécanique rationnelle semblait assise sur des fondements aussi inébranlables que ceux en lesquels Euclide a affermi la Géométrie. Sûre de ses principes, elle laissait paisiblement couler l'harmonieux développement de ses conséquences.

L'accroissement rapide, incessant, tumultueux des sciences physiques est venu troubler cette paix et inquiéter cette assurance; harcelée de problèmes nouveaux, la Mécanique s'est prise à douter de la fermeté des bases sur lesquelles elle reposait et elle a repris sa marche vers une évolution nouvelle.

Quelle route suivra-t-elle? Plusieurs voies s'offrent à sa vue; l'entrée de chacune d'elles s'ouvre large, bien aplanie; mais à peine y a-t-on parcouru quelque chemin que l'on voit la chaussée se resserrer, le tracé de la route devenir indécis; bientôt, on n'aperçoit plus qu'un étroit sentier, à demi effacé sous les ronces, coupé de fondrières, bordé d'abîmes. Parmi ces sentiers, quels sont ceux qui vont se perdre en quelque aride solitude, qui s'arrêtent court au bord d'un précipice? Où est celui qui mène au terme désiré, qui deviendra un jour la route royale? La Mécanique hésite, anxieuse; elle prête l'oreille à ceux qui la prétendent guider, elle pèse leurs avis discordants et ne sait encore auquel se confier.

Le directeur de la *Revue générale des Sciences* a désiré que l'état d'incertitude où flotte la Mécanique rationnelle fût exposé aux lecteurs de cette *Revue*, en une suite d'articles d'une ampleur inusitée; il m'a fait le très grand honneur de me confier cet exposé. Certes, cet état de doute est, pour tout homme qui pense, un objet bien digne de méditation; car, du sort de la Mécanique, de la méthode selon laquelle elle développera ses théories, dépend la forme même de toute la Philosophie naturelle.

En énumérant les voies diverses qui, tour à tour, sollicitent les préférences de la Mécanique, en supputant les chances qu'a chacune d'elles de conduire à la solution des problèmes posés par la Physique, je ne me piquerai pas d'impartialité. Parmi ces routes, il en est une à laquelle je travaille depuis vingt ans, consacrant tous mes efforts à la prolonger, à l'aplanir, à la déblayer, à la rendre plus droite et plus sûre. Puis-je croire qu'au vain labeur de ceux qui en ont donné le premier tracé je n'ai fait qu'ajouter une peine inutile? Puis-je supposer que la Mécanique marchera dans une autre direction?

L'impartialité, d'ailleurs, est requise d'un juge; mais, entre les diverses tendances qui sollicitent la Mécanique, il n'est pas ici question de décider. C'est au fruit qu'on juge l'arbre; or, l'arbre de la Science croît avec une extrême lenteur; des siècles s'écoulent avant qu'il soit possible de cueillir le fruit mûr; à peine aujourd'hui nous est-il permis d'exprimer et d'apprécier le suc des doctrines qui fleurirent au XVIIe siècle.

Celui qui sème ne peut donc juger ce que vaut la graine; mais il faut qu'il ait foi dans la fécondité de la semence, afin que, sans défaillance, il suive le sillon qu'il a choisi, jetant des idées aux quatre vents du ciel.

I. — La mécanique péripatéticienne.

Au début de son *Traité de la Lumière*, Huygens définissait la « vraye Philosophie » celle « dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de Méchanique ». « Ce qu'il faut faire, à mon avis, ajoutait-il, ou bien renoncer à l'espérance de jamais rien comprendre dans la Physique. »

La plupart des physiciens consentiraient, je pense, à définir comme Huygens l'objet de leur science; ils s'accorderaient moins aisément entre eux s'il leur fallait déclarer ce qu'ils entendent par « des raisons de Méchanique ».

De même, les chimistes de tout temps et de toute École ont pensé que l'analyse a pour but de résoudre un corps composé en ses éléments; cette affirmation, cependant, n'avait point le même sens pour un disciple d'Aristote ou pour un élève de Lavoisier; pour un scolastique, qui croyait tous les corps formés de terre, d'eau, d'air et de feu; pour un alchimiste, qui y cherchait du sel, du soufre, du mercure et de la terre damnée; pour un chimiste moderne, qui y décèle et y dose quelques-uns de nos quatre-vingts corps simples.

Ainsi, au cours des siècles et selon les vicissitudes des Écoles et des systèmes, le sens de ces mots : « Explication mécanique des phénomènes physiques » a incessamment varié, ballotté entre deux interprétations, opposées à l'extrême, qui en sont comme les limites. L'une de ces interprétations est issue de la puissante analyse d'Aristote; l'autre, longuement préparée par les atomistes de

l'Antiquité et de la Renaissance, a pris sa forme achevée dans la pensée de Descartes. Traçons, tout d'abord, un rapide tableau de la Mécanique péripatéticienne et de la Mécanique cartésienne.

Par l'analyse de ce que nous disons, Aristote veut pénétrer ce que nous pensons, car le langage exprime la pensée; l'analyse de la pensée, à son tour, est l'analyse même de la réalité, car notre raison saisit ce qui est; la distinction des *catégories* est ainsi à la base même du système péripatéticien.

A la première catégorie, qui est celle de la *substance* (οὐσία), s'opposent les multiples catégories des *accidents*. Parmi les accidents, il en est qui ne sont pas inhérents au sujet en lequel ils se rencontrent; tel le *lieu* (τόπος), qui dépend de la relation d'un corps avec les corps qui l'environnent; mais il en est, au contraire, qui appartiennent en propre au sujet, et ceux-là se classent en deux catégories: la *quantité* (πόσον) et la *qualité* (ποῖον).

La quantité est nettement définie par le caractère suivant : Toute quantité d'une espèce donnée peut être obtenue par la juxtaposition, par la considération simultanée de quantités de même espèce et de grandeur moindre, et cela sans que l'ordre dans lequel on considère les quantités composantes influe sur la quantité résultante; ce caractère, Aristote l'exprime en disant que *la quantité est ce qui a des parties les unes hors des autres*, et les Modernes en disant que *la quantité est ce qui est susceptible d'addition*. Grâce à ce caractère, la comparaison de diverses quantités de même espèce peut toujours être ramenée, par une sorte de transposition, à la comparaison de diverses quantités d'une autre espèce et, particulièrement, à la comparaison de divers nombres. Par suite de cette transposition, qui constitue la *mesure*, la science des nombres, l'Arithmétique, devient la théorie générale de la quantité.

« *Qualité*, dit Aristote, est un de ces mots qui sont pris en beaucoup de sens. » Qualité, la forme d'une figure de géométrie, qui en fait un cercle ou un triangle; qualités, les propriétés sensibles des corps, le chaud et le froid, le clair et l'obscur, le rouge et le blanc; qualités aussi, mais *qualités occultes*, les propriétés qui ne tombent pas directement sous le sens, mais dont découlent certains effets perceptibles : la gravité ou la légèreté qui porte un corps vers le centre du monde ou l'en éloigne, la vertu magnétique par laquelle le fer court à l'aimant.

Il est des qualités qui ne sont pas susceptibles de plus ou de moins; un cercle n'est pas plus ou moins circulaire, un triangle n'est pas plus ou moins triangulaire. Mais la plupart des qualités sont susceptibles de plus ou de moins; comme la raideur de la corde que l'archer tend ou relâche, elles sont capables de *tension* ou de *rémission*; un corps chaud peut être plus ou moins chaud.

Entre la grandeur d'une quantité et l'intensité d'une qualité existe une distinction profonde, essentielle, que l'on ne saurait marquer trop nettement. Toute quantité d'une grandeur déterminée peut être obtenue en ajoutant les unes aux autres diverses quantités de même espèce et de moindre grandeur, qui en sont les parties. Rien de semblable dans la catégorie de la qualité; des qualités peu intenses ne sont pas des parties, des fragments d'une qualité plus intense; juxtaposez comme bon vous semblera des corps dont l'intensité de chaleur soit celle de l'eau bouillante; vous n'en ferez pas un corps dont l'intensité de chaleur soit celle du fer rouge; entassez des boules de neige, disait Diderot, vous n'arriverez pas à chauffer un four; chaque degré d'intensité d'une qualité constitue, pour ainsi dire, une espèce à part; le degré de chaleur de l'eau bouillante est irréductible à tout autre degré de chaleur; il n'est pas contenu, comme une partie dans le tout, en un degré de chaleur plus intense; il ne peut se fragmenter en degrés de chaleur moins intenses; *la notion d'addition n'a pas de prise dans la catégorie de la qualité.*

Parmi les accidents dont une substance est capable, il en est qui existent réellement en elle au moment où on la considère; ils y sont *actuellement*; c'est, en effet, par ce mot *acte*, *actus*, que les Scolastiques ont traduit le mot ἐντελέχεια employé par Aristote. D'autres accidents, au contraire, ne sont pas réalisés dans la substance; ils y sont simplement possibles; ils y sont *en puissance*, disent les Scolastiques, qui traduisent par le mot *potentia* le mot δύναμις employé par le Stagyrite.

L'état actuel, l'état potentiel, n'épuisent pas tous les états sous lesquels on peut concevoir un accident; il est un troisième état où la puissance et l'acte se trouvent liés d'une manière inextricable aussi bien qu'inexprimable : c'est l'état de *mouvement*, κίνησις.

Qu'est-ce, par exemple, que la fusion de la glace? En cette glace, l'état d'eau est en puissance; si nous y considérons cet état comme purement en puissance, nous aurons l'idée de glace qui peut fondre, non de glace qui fond. Regarderons-nous simplement cet état d'eau comme en acte? C'est alors de l'eau que nous concevrons, ce n'est plus de la glace. Pour concevoir la fusion de la glace, il nous faut regarder l'état d'eau comme étant essentiellement en puissance dans la glace et, en même temps, comme y prenant acte.

Ainsi, dans l'analyse de tout mouvement, nous retrouvons une chose qui est conçue comme en acte au moment même qu'on la conçoit comme

étant essentiellement en puissance. Le mot *mouvement* a pour objet d'exprimer cette union intime entre la puissance et l'acte, union dont le langage humain ne peut essayer de rendre la nature sans décrire un cercle vicieux ; car, toujours et forcément métaphorique, il emprunterait au mouvement même le mot par lequel il essaierait de définir le mouvement. Tel est le sens de la célèbre proposition d'Aristote[1] : Η τοῦ δυνάμει ὄντος ἐντελέχεια, ᾗ τοιοῦτον, κίνησίς ἐστιν, que les Scolastiques traduisaient en ces termes : *Motus est actus entis in potentia, quatenus in potentia est.*

L'exemple que nous avons choisi pour expliquer cette définition du mouvement, savoir la fusion de la glace, est bien loin de ce que nous entendons aujourd'hui par le mot mouvement; dans l'usage courant, ce mot désigne seulement le changement de lieu dans l'espace; le sens du mot mouvement est infiniment plus étendu dans la langue péripatéticienne; sans doute, le changement de lieu (κατὰ τόπον μεταβολή) caractérise un genre de mouvements, le *mouvement local*; mais, même si l'on se borne à considérer les choses corporelles, on y découvre une foule d'autres mouvements. Lorsqu'un corps fond, la qualité qu'exprime le mot *fluide* (ὑγρὸν) y passe de la puissance à l'acte; la qualité qu'exprime le mot *solide* (ξηρὸν) perd son état actuel pour ne subsister qu'en puissance; et cela aussi est un mouvement, mais un mouvement très distinct du mouvement local; un tel mouvement est nommé par Aristote ἀλλοίωσις, et par les Scolastiques *alteratio.*

La variété des mouvements d'altération est infinie: un corps qui s'échauffe ou se refroidit, une flamme qui devient plus ou moins brillante, un morceau de fer qui s'aimante ou se désaimante éprouvent des altérations.

Les mouvements locaux, les mouvements d'altération n'épuisent pas encore la multitude des changements qui se produisent dans le monde des corps; par ces mouvements, les accidents seuls sont modifiés; or, il est des changements qui portent sur la substance même; tels sont ceux qui combinent des éléments pour former un mixte, qui dissocient un mixte pour régénérer les éléments. En effet, lorsqu'une mixtion se produit, les substances des éléments perdent leur existence actuelle; dans le mixte, elles ne sont plus qu'en puissance; on peut les en tirer de nouveau par l'analyse chimique, qui fait passer ces substances de la puissance à l'acte; il y a alors *corruption* (φθορὰ) du mixte et *génération* (γένεσις) des éléments.

Telles sont, marquées à grands traits, les notions auxquelles le physicien réduira tous les effets que présentent les corps; lorsque cette réduction sera faite, l'*explication* sera achevée.

Si l'on demande, par exemple, pourquoi l'aimant attire le fer, on répondra qu'en présence de l'aimant, la substance du fer est *altérée*, qu'elle acquiert une certaine qualité occulte, la vertu magnétique, et que la nature de cette vertu est de mouvoir le fer vers l'aimant. Les observations des physiciens pourront détailler cette explication; elles pourront préciser les marques particulières de la vertu magnétique et du mouvement qu'elle détermine; mais elles ne pourront rien découvrir au delà de cette qualité, qui en soit l'explication; elles ne pourront la réduire à rien de plus élémentaire ni de plus simple, car elle est la cause propre et ultime des phénomènes observés.

II. — La mécanique cartésienne.

La renaissance des sciences au début du XVII[e] siècle fut une réaction violente contre de semblables explications; les qualités occultes étaient alors accablées de brocards; grâce à la verve immortelle de Molière, l'éclat du rire qu'elles soulevaient a retenti jusqu'à nous. Ce serait une tâche curieuse et pleine d'enseignements philosophiques de suivre les péripéties de cette lutte entre la vieille Scolastique et la Physique nouvelle; cette tâche, peut-être essaierons-nous quelque jour de la mener à bonne fin; elle excéderait, en tout cas, les bornes de cet écrit.

Dirigées par des hommes qui, presque tous, étaient de grands géomètres, les tendances de la renaissance scientifique trouvèrent leur plein épanouissement et, pour ainsi dire, leur extrême aboutissement en la Physique cartésienne.

Avec Descartes, la notion de qualité est bannie du domaine entier de la Science qui devient le règne de la quantité pure, la *Mathématique universelle.*

Parmi les sciences, l'Arithmétique seule est sauve de toute notion empruntée à la catégorie de la qualité; seule, elle est conforme à l'idéal que Descartes propose à la science entière de la Nature.

Dès la Géométrie, l'esprit se heurte à l'élément qualitatif, car cette science demeure « si astreinte à la considération des figures qu'elle ne peut exercer l'entendement sans fatiguer beaucoup l'imagination. Le scrupule que faisaient les Anciens d'user des termes de l'Arithmétique en la Géométrie, qui ne pouvait procéder que de ce qu'ils ne voyaient pas assez clairement leur rapport, causait beaucoup d'obscurité et d'embarras dans la façon dont ils s'expliquaient ». Cette obscurité, cet embarras disparaîtront si l'on chasse de la Géomé-

[1] Aristote : Φυσικῆς ἀκροάσεως, Γ, α.

trie la notion qualitative de figure, pour n'y conserver que la notion quantitative de distance, que les équations qui relient les unes aux autres les distances mutuelles des points que l'on étudie. Bien que leurs objets soient différents, les diverses branches des Mathématiques ne considèrent en ces objets « autre chose que les divers rapports ou proportions qui s'y trouvent », en sorte qu'il suffit de traiter ces proportions en général, par les voies de l'Algèbre, sans se soucier des objets où elles se rencontrent, des figures où elles sont réalisées; par là, « tout ce qui tombe sous la considération des géomètres se réduit à un même genre de problèmes, qui est de chercher la valeur des racines de quelque équation »; les Mathématiques entières sont ramenées à la science des nombres; on n'y traite que des quantités, les qualités n'y ont plus aucune place.

Les qualités chassées de la Géométrie, il les faut maintenant chasser de la Physique; pour y parvenir, il suffit de réduire la Physique aux Mathématiques, devenues la science de la quantité pure; c'est l'œuvre que va tenter Descartes : « Je ne reçois point de principes en Physique, dit-il, qui ne soient aussi reçus en Mathématiques. »

Qu'est-ce, tout d'abord, que la matière? « Sa nature ne consiste pas en la dureté, ni aussi en la pesanteur, chaleur et autres qualités de ce genre », mais seulement en « l'étendue en longueur, largeur et profondeur »; ce n'est rien autre que cette matière « divisible, mobile et douée de figure que les géomètres nomment quantité, et qu'ils prennent pour objet de leurs démonstrations ». La matière est donc quantité; la quantité d'une certaine matière, c'est le volume qu'elle occupe; un vaisseau renferme autant de matière, qu'il soit plein de mercure ou plein d'air. « Ceux qui prétendent distinguer la substance matérielle de l'étendue ou de la quantité, ou bien ne mettent aucune idée sous le nom de substance, ou bien ont l'idée confuse d'une substance immatérielle. »

Qu'est-ce que le mouvement, j'entends le mouvement local? Encore une quantité. Multipliez la quantité de matière que renferme chacun des corps d'un système par la vitesse qui anime ce corps; ajoutez ensemble tous ces produits, et vous aurez la quantité de mouvement du système; tant que le système ne heurtera aucun corps étranger qui lui cède du mouvement ou qui lui en emprunte, il gardera une quantité de mouvement invariable.

Ainsi, dans tout l'Univers, est répandue une matière unique, homogène, dont nous ne connaissons rien sinon qu'elle est étendue; cette matière est divisible en parties de diverses figures, et ces parties sont mobiles les unes par rapport aux autres; telles sont les seules propriétés véritables de ce qui forme les corps; à ces propriétés doivent se réduire toutes les apparentes qualités qui affectent nos sens.

Certes, la conception d'une telle Physique est admirable de simplicité; mais, à force de simplifier la Physique, à force de la vider de tout contenu qui ne serait pas purement géométrique, Descartes l'a réduite à un vain fantôme, incapable de représenter le monde des corps.

La matière cartésienne n'est que « l'étendue en longueur, largeur et profondeur ». Comment concevoir qu'une telle matière soit capable de mouvement[1], je dis de mouvement local, le seul qui soit en la nouvelle Philosophie?

Pour qu'un corps soit dit en mouvement, il faut qu'il occupe un certain lieu à un certain instant de la durée, et un autre lieu à un autre instant; on ne peut donc concevoir ce mouvement sans concevoir et que le lieu du corps a changé, et que le corps est resté le même. Or, quel sens peuvent avoir ces mots si le corps est identique à la partie de l'étendue qu'il occupe? Peut-on, sans absurdité, dire qu'une même partie de l'étendue occupe successivement des lieux différents? Ne suffit-il pas, suivant le précepte de Pascal, de substituer mentalement au défini la définition cartésienne du mot *corps* pour reconnaître que, dans la philosophie de Descartes, le mouvement implique contradiction? N'est-il pas clair que, pour concevoir le mouvement, il nous faut concevoir, en l'étendue, quelque chose qui soit distinct de l'étendue et qui demeure inaltéré alors que le lieu change?

La matière cartésienne est incapable de mouvement; le mouvement cartésien, à son tour, est incapable de servir à édifier une Mécanique.

Descartes ne veut voir, dans le mouvement comme dans la Physique tout entière, que ce qu'y aperçoit le géomètre. Or, le géomètre a-t-il une intuition directe et immédiate de l'état de mouvement? Non; dans le spectacle que lui offrent les corps, il ne peut saisir qu'un seul élément, la figure; le mouvement ne lui est donc saisissable que médiatement, par l'intermédiaire de la constatation que voici : aux divers instants de la durée, les corps sont disposés de manière à produire des figures différentes. Le géomètre peut donc déclarer qu'entre deux instants donnés, deux corps, A et B, se sont déplacés l'un par rapport à l'autre; mais de lui demander si c'est A qui a bougé, ou B, ou tous deux, il n'y faut pas songer; cette question n'aurait pour lui aucun sens; il ne connait que le *mouvement relatif*.

[1] Sur ce point, le lecteur consultera avec grand profit l'écrit suivant : ARTHUR HANNEQUIN : *Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine*, livre I, chapitre II, § 5 (Paris, 1895).

Ce point n'échappe pas à Descartes, lorsqu'il définit le mouvement[1] : *le transport d'une partie de la matière, ou bien d'un corps, du voisinage des corps qui le touchent immédiatement et que nous regardons comme en repos, au voisinage d'autres corps*. Il insiste[2], d'ailleurs, de peur que sa pensée ne soit pas clairement comprise; lorsque deux corps, qui étaient contigus, se séparent l'un de l'autre, il n'y a aucune raison pour attribuer le mouvement à l'un plutôt qu'à l'autre; seules, l'habitude et la commodité nous guident, lorsque nous choisissons l'un de ces corps comme terme immobile.

Or, les lois de la Mécanique ne peuvent s'accommoder de ce caractère absolument relatif laissé à la notion de mouvement. Leur forme, universellement acceptée, entraîne cette conséquence : si elles sont conformes aux divers mouvements naturels quand on regarde comme fixe un des corps qui forment le monde, elles cesseront de s'accorder avec ces mouvements lorsqu'on attribuera la fixité à un autre corps. Les mouvements des astres, par exemple, s'accordent avec une certaine Mécanique Céleste lorsqu'on attribue la fixité aux étoiles ; ils violent cette même Mécanique lorsqu'on suppose la Terre immobile. Chaque explication mécanique du monde suppose que les mouvements sont rapportés à un corps fixe particulier[3]; lorsqu'on change le corps fixe pris pour repère, on est obligé de changer la forme de la Mécanique.

Ce caractère étrange des lois de la Mécanique éclate en la loi même de l'inertie : Un point matériel, extrêmement éloigné de tout corps, se meut d'un mouvement rectiligne et uniforme. Supposons que cette loi soit vérifiée lorsqu'on rapporte le mouvement du point matériel à un certain corps regardé comme fixe; changeons notre repère; attribuons maintenant la fixité à un nouveau corps qui, tout à l'heure, était animé, par rapport au premier, d'un mouvement arbitraire; notre point matériel isolé va décrire la trajectoire que nous voudrons, suivant la loi qu'il nous plaira de lui imposer[4].

Lors donc que Descartes admettait[5] le principe de l'inertie, il oubliait le premier à quelles conditions une explication est recevable en sa Physique.

[1] DESCARTES : *Principia Philosophiæ*. Pars II, art. xxv.
[2] DESCARTES : *Ibid.*, art. xxix, xxx.
[3] Plus exactement, que les mouvements sont rapportés à un certain corps ou à un autre corps dont le mouvement, relativement au premier, se réduit à une translation uniforme.
[4] On trouvera une étude historique complète de cette question dans l'ouvrage que voici : HEINRICH STREINTZ : *Die physikalische Grundlagen der Mechanik*, Leipzig, 1883.
[5] DESCARTES : *Principia Philosophiæ*, Pars II, art. xxxvii.

III. — LA MÉCANIQUE ATOMISTIQUE.

« Tout cela, disait Leibniz, fait connoistre qu'il y a dans la Nature quelque autre chose que ce qui est purement géométrique, c'est-à-dire que l'étendue et son changement tout nud. »

La Physique est donc contrainte d'abandonner la forme d'explication mécanique, idéalement simple, que lui avait imposée Descartes; elle est forcée de mettre dans ses théories autre chose que des notions accessibles au géomètre, autre chose que de l'étendue pure et du mouvement purement relatif ; après s'être imprudemment élancée à la conquête d'une position indéfendable, elle se voit obligée de battre en retraite.

Mais, dans ce mouvement de recul, elle ne rétrograde que pas à pas; elle n'abandonne un pouce de terrain qu'après l'avoir énergiquement disputé; refoulée du Cartésianisme, elle se cantonne tout d'abord dans la position qu'elle occupait au moment où Descartes l'a entraînée plus avant, dans la doctrine atomistique que Gassendi avait empruntée à Empédocle, à Épicure et à Lucrèce, et qu'il avait rajeunie. Lorsque Huygens parle de la « vraye Philosophie dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de Méchanique », c'est de la Philosophie corpusculaire qu'il entend parler.

Certaines parties de l'espace restent de l'étendue pure; elles forment le *vide*; d'autres, au contraire, sont occupées par une substance matérielle; ces dernières consistent en volumes très petits, séparés les uns des autres par du vide; chacun des *petits corps* ainsi semés dans le vide a une forme géométrique constante et des dimensions invariables; sa *dureté* le défend contre toute déformation, contre toute pénétration, contre toute rupture; il est physiquement insécable et mérite par là le nom d'*atome*.

Dans le vide, chaque atome se meut d'un mouvement rectiligne et uniforme jusqu'à ce qu'il vienne au contact d'un autre atome; à ce moment, un *choc* se produit; chacun des deux atomes reprend sa course avec un autre mouvement que celui dont il était animé avant le choc; la distribution des vitesses après le choc dépend de la distribution des vitesses avant le choc et de la *masse* de chacun des deux atomes choqués, car chaque atome a une masse invariable.

Par quelle loi s'exprime cette dépendance entre les mouvements des atomes avant le choc et leurs mouvements après le choc? Cette loi, l'expérience ne peut la faire connaître; chacun des corps entre lesquels elle observe les effets du choc est la réunion déformable d'un nombre immense d'atomes. Il faut donc, pour la découvrir, recourir à

l'hypothèse, invoquer des raisons qui ne s'imposent pas sans conteste. De là, entre atomistes, des débats longs et passionnés.

Prônée par Huygens, la Physique atomistique persistera pendant tout le XVIIIe siècle, en dépit des éclatants succès remportés par la Physique newtonienne; Daniel Bernoulli en tirera une explication, demeurée classique, de la force expansive des gaz; en Suisse, autour des Bernoulli, se groupera une petite, mais brillante École de géomètres qui demeurera fidèle aux principes de la Philosophie épicurienne; même l'un de ces géomètres, Lesage, reprendra la tentative de Fatio de Duilliers et s'efforcera d'expliquer, par les méthodes atomistiques, les lois newtoniennes de l'attraction universelle.

Pour expliquer les effets que manifeste la nature corporelle, les atomistes n'appelaient pas seulement à leur aide les raisons purement géométriques, ils invoquaient encore la *dureté* des atomes; et plus d'un physicien en souffrait, qui voyait dans cette intervention un retour aux vertus et qualités de l'École. « Une chose qui me fait de la peine, écrit Denis Papin à Huygens[1], c'est ce que vous dittes que vous croyez que la dureté parfaite est de l'essence des corps : il me semble que c'est là supposer une qualité inhérente qui nous éloigne des principes mathématiques ou méchaniques : car, enfin, un atome, quelque petit qu'on le prenne, est pourtant composé de parties réellement distinctes et les unes hors les autres; la moitié orientale est réellement distincte de la moitié occidentale; de sorte que, si je donne un coup seulement à la partie orientale pour la pousser vers le midy, il n'y a aucune raison méchanique qui m'oblige à croire que la partie occidentale ira aussi du mesme costé; ainsi, il me semble que, pour s'en tenir absolument aux principes de Méchanique, il faut croire que la matière d'elle mesme n'a aucune liaison de parties, et que la dureté qui s'éprouve en certains corps ne vient que du mouvement des liqueurs environnantes, qui pressent les parties moins agitées les unes vers les autres. »

A la même époque, Leibniz[2] et Malebranche[3] tentaient, par des raisons analogues, de maintenir une Physique aussi voisine que possible de la Physique cartésienne; selon ces deux grands philosophes, une matière homogène, divisible à l'infini, fluide, incompressible, emplissait l'espace; seuls, des mouvements tourbillonnaires en distinguaient les diverses parties; les pressions engendrées par ces mouvements tourbillonnaires expliquaient l'apparente dureté de ces parties et les actions qu'elles semblaient exercer les unes sur les autres.

Ainsi, le XVIIe siècle est déjà près de finir que quelques grands esprits s'efforcent encore de suivre la méthode cartésienne, de ne recevoir en leur Physique que la figure et le mouvement, enfin de traquer les qualités de l'École jusqu'en leur dernier refuge, la dureté des atomes épicuriens. Or, à ce moment même, surgit une Physique qui admet dans ses raisonnements une idée radicalement hétérogène à la Géométrie, l'idée de *force*; cette Physique est celle de Newton.

IV. — La mécanique newtonienne.

Nous n'avons pas l'intention d'exposer ici, d'une manière détaillée, les développements successifs de cette doctrine; et, d'ailleurs, qui ne connaît les principales phases de cette marche triomphante?

En 1687, paraissaient les *Philosophiæ naturalis Principia mathematica*; aux deux premiers livres de cet immortel ouvrage, les axiomes fondamentaux de la nouvelle Mécanique, énoncés avec une remarquable netteté, déroulent leurs conséquences par des déductions géométriques dont l'élégance sera admirée à travers les siècles; au troisième livre du même traité, l'attraction en raison inverse du carré de la distance permet d'analyser, avec une précision inconnue jusqu'alors, les mouvements des planètes, des satellites et des eaux de la mer. Dans une question célèbre, ajoutée à son *Optique*, Newton devine que l'Électricité et le Magnétisme suivent des lois analogues à celles qui régissent les corps célestes; il imagine une attraction moléculaire qui expliquerait les phénomènes capillaires et les réactions chimiques. Ces aperçus sur les actions exercées à très petites distances se transforment en une doctrine précise par les recherches de Freind, de Keil, de Clairaut, dans le temps même que tous les grands géomètres se piquent de contribuer à la Mécanique Céleste fondée sur la gravitation universelle.

Sans détailler l'histoire de cette évolution, nous prendrons tout de suite la Physique newtonienne sous la forme qu'elle a revêtue à son plein épanouissement, sous la forme que Boscovich[1] a fixée avec tant de rigueur et de clarté.

Dans un espace vide se trouvent des êtres matériels, dont chacun est réduit à un point, privé d'étendue, mais affecté d'une masse invariable. Cha-

[1] D. Papin à *Christiaan Huygens*, 18 juin 1690 (*Œuvres complètes de* Christiaan Huygens, t. IX, p. 429).

[2] Leibniz : *Theoria motus concreti, seu Hypothesis nova*; Moguntiæ, 1671.

[3] Malebranche : *Réflexions sur la lumière et les couleurs* (Histoire de l'Académie Royale des Sciences, année 1699, Mémoires, p. 22).

[1] Boscovich : *Theoria Philosophiæ naturalis redacta ad unam legem virium in Natura existentium*. Vienne, 1758; Venise, 1763.

cun de ces points est soumis à des forces dont la résultante s'obtient par la loi classique du parallélogramme. A chaque instant, la résultante des forces qui sollicitent un point matériel est directement opposée à l'accélération du mouvement de ce point. Entre la grandeur de la force et la grandeur de l'accélération existe un rapport invariable, qui est précisément la masse du point mobile.

Chacune des forces qui sollicitent un point matériel émane d'un autre point matériel; et ce dernier, en retour, éprouve du premier une action égale et directement opposée à celle qu'il exerce sur lui.

L'action réciproque de deux points est dirigée suivant la droite qui les joint; elle est proportionnelle au produit de leurs masses; elle varie avec la distance qui les sépare.

Lorsque deux points sont séparés par une distance si petite qu'elle échappe entièrement aux prises de nos sens et aux constatations de nos instruments, la fonction de cette distance dont dépend leur action réciproque a une forme qui nous est inconnue et qui peut être compliquée; cette forme peut changer avec la nature chimique des deux points matériels; l'action qu'elle représente peut être une attraction lorsque la distance mutuelle a certaines valeurs et une répulsion lorsque cette distance a d'autres valeurs.

Au contraire, lorsque les deux points sont séparés par une distance sensible, leur action réciproque devient indépendante de leur nature chimique; elle est toujours attractive; elle varie simplement en raison inverse du carré de la mutuelle distance.

Sous cette dernière forme, l'action réciproque devient l'*attraction de gravité* qui rend compte de la chute des corps à la surface de la Terre, de la marche de la Lune, des planètes, des satellites et des comètes, du flux et du reflux de la mer. Sous la première forme, l'action réciproque prend le nom de *cohésion* lorsqu'elle s'exerce entre deux points matériels de même nature, d'*affinité* lorsqu'elle s'exerce entre deux points chimiquement différents; la cohésion explique les propriétés des solides, des liquides, des gaz; elle concourt avec l'affinité pour déterminer et régler les combinaisons et les décompositions chimiques.

Tels sont, dans leurs traits essentiels, les principes sur lesquels repose l'explication mécanique de tout phénomène physique; tel est le plan général des théories que l'École de Laplace portera au plus haut degré de perfection.

« Laplace, a dit Fourier[1], était né pour tout perfectionner, pour tout approfondir, pour reculer toutes les limites, pour résoudre ce qu'on aurait pu croire insoluble. Il aurait achevé la science du Ciel, si cette science pouvait être achevée. »

Incessant objet de méditations pour tous les grands géomètres du XVIII[e] siècle, pour les Mac-Laurin, les Clairaut, les d'Alembert, les Euler et les Lagrange, la Mécanique Céleste fondée sur la gravitation universelle avait déjà pris un ample développement. Laplace « forma le projet de consacrer ses efforts à cette science sublime. Il médita profondément son glorieux dessein; il a passé toute sa vie à l'accomplir avec une persévérance dont l'histoire des sciences n'offre peut-être aucun exemple... Il n'y a aucun point de l'Astronomie physique qui ne soit devenu pour lui le sujet d'une étude et d'une discussion approfondie; il a soumis au calcul la plupart des conditions physiques que ses prédécesseurs avaient omises ».

Les conquêtes de Laplace en Mécanique Céleste ne constituent pas le domaine entier de ce puissant génie. « Il fut presque aussi grand physicien que grand géomètre. » Dans toutes les branches de la Mécanique physique, il poussa les conséquences de l'hypothèse newtonienne.

Newton regardait déjà l'attraction à petite distance comme propre à rendre compte de la figure des liquides dans les vaisseaux très étroits, et il avait poussé Hawksbee à vérifier par l'expérience les conséquences de ses aperçus; Jurin avait poursuivi l'application de ces vues à l'ascension de l'eau dans les tubes très déliés, et Clairaut avait posé ce problème selon les principes exacts de l'Hydrostatique générale, qu'il avait découverts; une induction heureuse, supposant l'analogie de la surface terminale d'un liquide à une membrane élastique tendue, avait conduit Segner à l'équation de la surface capillaire et Young à l'expression de l'angle de raccordement. Mais quelle distance entre ces diverses tentatives et la théorie complète et détaillée que donna Laplace! Cette théorie, établie par des méthodes géométriques d'une extrême élégance, riche en conséquences précises, minutieusement contrôlée par l'accord de ces conséquences avec les expériences de Gay-Lussac, peut être regardée comme le modèle achevé d'une explication physique conçue selon les doctrines de Newton et de Boscovich.

D'ailleurs, ces doctrines, cultivées par Laplace et ses disciples, donnaient bien d'autres preuves de leur fécondité.

Newton avait émis l'hypothèse que la lumière est formée de projectiles très petits, lancés avec une extrême vitesse; que les corpuscules matériels exercent sur ces projectiles des attractions qui deviennent très puissantes si les points agissants

[1] *Éloge historique de M. le Marquis de Laplace*, prononcé dans la séance publique de l'Académie Royale des Sciences, le 15 juin 1829, par M. le baron Fourier.

sont très voisins. Sur cette hypothèse, Laplace édifia son Optique; il la mena jusqu'à rendre compte des lois de la double réfraction du spath d'Islande, dont la découverte, due à Huygens, avait été le chef-d'œuvre du grand physicien atomiste.

Peu d'années plus tard, l'Optique de l'émission, ruinée par les prodigieuses trouvailles de Young et de Fresnel, va de nouveau céder le pas à l'Optique des ondulations; mais le principe même des explications newtoniennes n'en sera pas ébranlé; bientôt même, sa fécondité en recevra un nouvel accroissement; c'est à ce principe, en effet, que Fresnel demandera raison des lois de l'élasticité de l'éther; par là, il attirera vivement l'attention des géomètres sur la théorie générale de l'élasticité des solides ; et de larges emprunts aux hypothèses de Newton, aux méthodes de Laplace, permettront à Poisson et à Cauchy de reprendre l'œuvre de Navier et d'édifier cette théorie.

A la suite des recherches calorimétriques de Black et de Crawfort, la chaleur perd, pour un demi-siècle, le caractère de mouvement qu'on lui attribuait généralement depuis Descartes; par un retour aux hypothèses de Gassendi, elle devient un fluide, le *calorique*; les points matériels qui composent ce fluide se repoussent les uns les autres, tandis que la matière des corps les attire. Pendant que Lavoisier, puis Berthollet cherchent par ces suppositions à expliquer les lois de la fusion, de la volatilisation, de la dissolution, des réactions chimiques, Laplace, secondé par Poisson, secouru par les expériences de Desormes et de Clément, de Delaroche et de Bérard, de Gay-Lussac, de Welter, en tire l'explication de l'expansion des gaz et des phénomènes calorifiques qui l'accompagnent; il représente par une formule exacte la vitesse de la propagation du son dans l'air; il pose les fondements d'une théorie de la chaleur dont plusieurs équations survivront aux hypothèses qui les ont fournies.

Ce sont encore les conseils de Laplace qui conduisent Poisson à traiter, selon les règles de la Physique newtonienne, les actions attractives et répulsives du fluide électrique.

Poisson découvre ainsi les lois selon lesquelles l'électricité se distribue à la surface d'un corps conducteur, puis, par une extension de la même analyse, il donne une théorie détaillée de l'aimantation du fer doux.

Enfin, de 1822 à 1826, Ampère édifie son immortelle *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques*; il y conquiert un nouvel empire à la Philosophie newtonienne en soumettant les forces électrodynamiques et les forces électromagnétiques aux règles de cette Physique.

V. — La force et les vertus occultes.

La Philosophie newtonienne, qui devait se montrer si féconde, ne fut pas accueillie sans méfiance. La Physique nouvelle résolvait avec bonheur les problèmes de Mécanique Céleste, qui, depuis un siècle, sollicitaient les efforts des philosophes atomistes ou cartésiens; elle froissait donc l'amour-propre de plus d'un géomètre; les amis de Newton ne s'efforçaient guère à éviter ces froissements; ils n'attendaient même pas que le livre des *Principes* fût achevé d'imprimer pour « faire entendre que, depuis les méditations de leur auteur, toute la Physique était bien changée[1] ». Mais une autre cause, et plus avouable, devait provoquer l'hostilité de ces hommes, attachés à tout expliquer par des raisons mécaniques : l'attraction mutuelle des diverses parties de la matière ressemblait de trop près aux vertus occultes qu'invoquaient les Scolastiques et que Cartésiens et Atomistes avaient pourchassées sans trêve ni merci, pour que ces derniers ne fussent point choqués par la forme de cette hypothèse.

« Je souhaiterais, Monsieur, écrit Fatio de Duilliers à Huygens[2], que l'auteur vous eût un peu consulté sur ce principe d'attraction qu'il suppose entre les corps célestes. »

— « Je souhaite de voir le livre de M. Newton, répond Huygens[3]. Je veux bien qu'il ne soit pas cartésien, pourvu qu'il ne nous fasse pas des suppositions comme celle de l'attraction. » Leibniz, de son côté, après avoir lu le livre de Newton, écrit à Huygens[4] : « Je ne comprends pas comment il conçoit la pesanteur ou attraction. Il semble que, selon luy, ce n'est qu'une certaine vertu incorporelle et inexplicable. » Et Huygens de lui répondre[5] : « Pour ce qui est de la cause du reflus que donne M. Newton, je ne m'en contente nullement, ni de toutes ses autres théories, qu'il bastit sur son principe d'attraction, qui me paraît absurde. »

Cette répugnance que l'hypothèse d'une attraction réciproque entre les diverses parties de la matière devait rencontrer de la part d'esprits hostiles aux vertus occultes, aux sympathies et aux antipathies de l'École, Newton l'avait assurément prévue; aussi s'était-il bien gardé, en terminant le livre des *Principes*, de présenter cette attraction comme une explication dernière, comme une propriété irréduc-

[1] Fatio de Duilliers *à Christiaan Huygens*, 24 juin 1687 (*Œuvres complètes* d'Huygens, t. IX, p. 168).
[2] *Ibid.*, p. 169.
[3] Christiaan Huygens *à Fatio de Duilliers*, 11 juillet 1867 (*Œuvres complètes* d'Huygens, t. IX, p. 190).
[4] Leibniz *à Christiaan Huygens*, octobre 1690 (*Œuvres complètes* d'Huygens, t. IX. p. 523).
[5] Huygens *à Leibniz*, 18 novembre 1690 (*Œuvres complètes* d'Huygens, t. IX, p. 528).

tible à la figure et au mouvement; il laissait entrevoir la possibilité d'une telle réduction, à la recherche de laquelle il avait lui-même fait quelques tentatives et que Fatio de Duilliers s'efforçait d'obtenir; mais il donnait à entendre que les efforts tentés dans ce but ne le cédaient guère en vanité aux discussions sur les causes occultes.

« Jusqu'ici, dit-il[1], j'ai rendu compte des phénomènes que nous offrent les cieux et la mer par le moyen de la force de la gravité; mais, à cette gravité, je n'ai pas encore assigné de cause... Je n'ai pu, jusqu'à ce jour, tirer des phénomènes la raison d'être des propriétés de la gravité, et je ne fais point d'hypothèses. En effet, tout ce qui ne peut se déduire des phénomènes doit se nommer *hypothèse*; et les hypothèses, qu'elles soient physiques ou métaphysiques, qu'elles invoquent les qualités occultes ou le mécanisme, n'ont point de place en *philosophie expérimentale.* »

La pensée qu'exprime ce passage célèbre se marque avec plus de netteté encore, s'il est possible, dans ces lignes de l'*Optique*[2] : « Expliquer chaque propriété des choses en les douant d'une qualité spécifique occulte par laquelle seraient engendrés et produits les effets qui se manifestent à nous, c'est ne rien expliquer du tout. Mais tirer des phénomènes deux ou trois principes généraux de mouvement; expliquer ensuite toutes les particularités des actions des corps au moyen de ces principes clairs, c'est vraiment, en Philosophie, faire un grand progrès, lors même que les causes de ces principes ne seraient pas découvertes; c'est pourquoi je n'hésite pas à proposer les principes du mouvement, tout en laissant de côté la recherche des causes. »

La préface mise par Roger Cotes en tête de la seconde édition des *Principes* accentue l'opposition entre la philosophie de Newton et les méthodes chères aux Cartésiens et aux Atomistes; Cotes y raille les explications hypothétiques de ces physiciens, l'assurance avec laquelle ils attribuent aux petites parties des corps les dimensions et les figures qui s'accommodent à leurs raisonnements, leurs fluides insaisissables qui pénètrent toutes les substances par des pores invisibles; malgré leur scrupuleuse exactitude à suivre les lois de la Mécanique, ils ne prennent pour fondements que des conjectures trompeuses; « la fable qu'ils nous content est gracieuse et jolie, mais ce n'est qu'une fable. »

Qu'ils viennent, après cela, taxer la gravité de cause occulte! La réponse est facile. Quelles sont les vraies causes occultes, celles que l'expérience prouve avec une entière clarté ou bien celles dont l'existence n'est qu'une fiction? La force dont les mouvements célestes dénotent tous les caractères, ou bien les tourbillons d'une matière subtile qui échappe à toute constatation?

Diront-ils que la gravité est occulte parce que la cause de la gravité est cachée et n'a point encore été découverte? Mais, à remonter de cause en cause, il faudra bien que l'on arrive aux causes les plus simples et, de celles-là, il ne sera plus possible de donner une explication mécanique. Les appellera-t-on occultes et les rejettera-t-on hors de la Physique? La Physique alors disparaîtra tout entière.

On ne saurait garder aucun doute sur la pensée profonde de Roger Cotes; pour lui, la gravité est une propriété inhérente à la matière, une qualité première et irréductible de la substance corporelle.

Leibniz, qui, dans sa jeunesse, était si fort attaché aux explications purement géométriques des Cartésiens, se vit conduit, lui aussi, à admettre en Mécanique un élément hétérogène à l'étendue et au mouvement; plus audacieux encore que Roger Cotes, il n'hésita pas à assimiler explicitement cet élément aux formes substantielles qu'invoquait la Scolastique :

« Quoy que je sois persuadé que tout se fait mécaniquement, dans la Nature corporelle, écrit-il[1], je ne laisse pas de croire aussi que les principes mêmes de la Mécanique, c'est-à-dire les premières loix du mouvement, ont une origine plus sublime que celle que les pures mathémathiques peuvent fournir... On s'apperçoit qu'il y faut joindre quelque notion supérieure ou métaphysique, scavoir celle de la substance, action et force; et ces notions portent que tout ce qui pâtit doit agir réciproquement, et que tout ce qui agit doit pâtir quelque réaction... Je demeure d'accord que, naturellement, tout corps est étendu, et qu'il n'y a pas d'étendue sans corps; il ne faut pas néanmoins confondre les notions du lieu, de l'espace ou de l'étendue toute pure avec la notion de substance qui, outre l'étendue, renferme aussi la résistance, c'est-à-dire l'action et la passion. »

« J'avais pénétré bien avant dans le pays des Scholastiques, écrit-il ailleurs[2], lorsque les mathématiques et les auteurs modernes m'en firent sortir encor bien jeune. Leurs belles manières d'expliquer la Nature mécaniquement me charmèrent, et je méprisais avec raison la méthode de ceux qui n'employent que des formes et des facultés dont on n'apprend rien. Mais depuis, ayant tâché d'approfondir les principes mêmes de la Mécanique, pour rendre raison des loix de la Nature que l'expérience faisait connaître, je m'apperçûs que la seule considération d'une *masse étendue* ne suffi-

[1] Newton : *Philosophiae naturalis Principia mathematica*; Scholium generale.
[2] Newton : *Optice*, Quaestio XXXI.

[1] Leibniz : *Œuvres*, édition Gerhardt, t. IV, p. 464.
[2] Leibniz : *Loc. cit.*, p. 478.

sait pas, et qu'il fallait encore employer la notion de la *force*, qui est très intelligible, quoiqu'elle soit du ressort de la métaphysique.

« Et par la *force* ou *puissance* je n'entends[1] pas le pouvoir ou la simple faculté qui n'est qu'une possibilité prochaine pour agir et qui, estant comme morte même, ne produit jamais aucune action sans être excitée par le dehors; mais j'entends un milieu entre le pouvoir et l'action qui enveloppe un effort, un acte, une entéléchie, car la force passe d'elle-même à l'action en tant que rien ne l'empêche. »

Ce passage, et maint autre qu'il serait trop long de citer, nous prouvent que les idées de Leibniz reprennent un étroit contact avec l'antique Physique péripatéticienne. « Je sçay, dit-il[2], que j'avance un grand paradoxe en prétendant de réhabiliter en quelque façon l'ancienne philosophie et de rappeler *post liminio* les formes substantielles presque bannies; mais peut-estre qu'on ne me condamnera pas légèrement, quand on sçaura que j'ay assez médité sur la philosophie moderne, que j'ay donné bien du temps aux expériences de physique et aux démonstrations de géométrie, et que j'ay esté longtemps persuadé de la vanité de ces estres, que j'ay esté enfin obligé de reprendre malgré moi et comme par force, après avoir fait moy-même des recherches qui m'ont fait reconnoistre que nos modernes ne rendent pas assez de justice à saint Thomas et à d'autres grands hommes de ce temps-là, et qu'il y a dans les sentiments des philosophes et théologiens scholastiques bien plus de solidité qu'on ne s'imagine, pourveu qu'on s'en serve à propos et en leur lieu. Je suis même persuadé que, si quelque esprit exact et méditatif prenait la peine d'éclaircir et de digérer leur pensée à la façon des géomètres analytiques, il y trouverait un trésor de vérités très importantes et tout à fait démonstratives. »

Non pas qu'il faille approuver, ni surtout imiter, ces méthodes de Physique ridicules qui avaient si fort discrédité la Scolastique : « Je demeure d'accord[3] que la considération de ces formes ne sert de rien dans le détail de la Physique et ne doit point être employée à l'explication des phénomènes en particulier. Et c'est en quoi nos Scholastiques ont manqué, et les médecins du temps passé à leur exemple, croyant de rendre raison des propriétés des corps en faisant mention de formes et de qualités, sans se mettre en peine d'examiner la manière de l'opération, comme si on voulait se contenter de dire qu'une horloge a la qualité horodictique provenante de sa forme, sans considérer en quoy tout cela consiste. »

[1] Leibniz : *Loc. cit.*, p. 471.
[2] Leibniz : *Loc. cit.*, p. 434.
[3] Leibniz : *Loc. cit.*, p. 434.

Bien loin d'imiter cette Physique, qui croyait avoir donné une explication, alors qu'elle avait seulement créé un nom, on devra, à l'imitation de Descartes et de Huygens, pousser l'analyse des effets naturels jusqu'à ce qu'ils soient réduits aux phénomènes les plus simples; mais, lorsqu'on sera parvenu à ces propriétés premières des corps, qui expliquent toutes les autres, on trouvera qu'elles ne consistent « pas seulement dans l'étendue[1], c'est-à-dire dans la grandeur, figure et mouvement, mais qu'il faut nécessairement y reconnoistre quelque chose qui aye du rapport aux âmes, et qu'on appelle communément forme substantielle » ou *force*, comme dit Leibniz en maint endroit.

Leibniz était parti d'un système dans lequel il rejetait l'attraction, car elle lui semblait être « une certaine vertu incorporelle et inexplicable » ; ses méditations touchant les fondements de la Mécanique l'ont amené à partager, sur la nature de cette vertu, l'opinion des disciples immédiats de Newton et à mettre vivement en lumière l'analogie de cette opinion avec les doctrines péripatéticiennes.

Parmi les successeurs de Newton, les opinions les plus diverses furent admises touchant la nature de l'attraction.

Les uns, sous l'influence des Bernoulli, continuèrent à « feindre des hypothèses » pour réduire tous les effets de la Nature corporelle aux seules raisons reçues des atomistes; parmi ceux-ci, Lesage, renouvelant la tentative de Fatio de Duilliers, s'efforça d'expliquer la gravitation par le choc des *corpuscules ultra-mondains* sur les molécules matérielles.

D'autres ne se firent point scrupule d'invoquer dans leurs raisonnements les forces exercées ou subies par les divers points matériels qui constituent les corps; mais ils imitèrent la prudente réserve qu'avait gardée Newton au livre des *Principes*; ils n'entreprirent point de décider si ces attractions devaient être regardées comme des propriétés irréductibles de la matière ou bien, au contraire, comme les effets de mouvements convenablement imaginés. C'est parmi ceux-ci que nous devons ranger Laplace. Le principe de l'attraction universelle, dit-il[2], « est-il une loi primordiale de la Nature? N'est-il qu'un effet général d'une cause inconnue? Ici, l'ignorance où nous sommes des propriétés intimes de la matière nous arrête et nous ôte tout espoir de répondre d'une manière satisfaisante à ces questions. » — « Le principe de la pesanteur universelle, dit-il encore[3], est-il une loi primordiale de la Nature, ou n'est-il qu'un effet

[1] Leibniz : *Loc. cit.*, p. 434.
[2] Laplace : *Exposition du Système du Monde*, livre IV, chapitre XVII.
[3] Laplace : *Ibid.*, livre V, chapitre V.

général d'une cause inconnue?... Newton, plus circonspect que plusieurs de ses disciples, ne s'est point prononcé sur ces questions, auxquelles l'ignorance où nous sommes des propriétés intimes de la matière ne permet pas de répondre d'une manière satisfaisante. »

D'autres enfin, suivant jusqu'au bout l'idée de Leibniz, n'hésitent pas à voir dans la *force* une notion irréductible à l'étendue et au mouvement, une propriété première et essentielle de la substance matérielle. Parmi ceux-ci, le premier rang appartient à Boscovich[1], qui se proclame disciple à la fois de Leibniz et de Newton et qui donne à la Physique newtonienne une forme admirable d'unité et de rigueur.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut de France,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

[1] Boscovich : *Theoria philosophiæ naturalis redacta ad unam legem virium in Natura existentium.* Vienne, 1758, et Venise, 1763.

LES PRODUCTIONS NATURELLES, L'AGRICULTURE, L'INDUSTRIE ET LE COMMERCE AU MAROC[1]

PREMIÈRE PARTIE : PRODUCTIONS, AGRICULTURE, INDUSTRIE

Il est très difficile de se prononcer actuellement avec quelque certitude sur la valeur économique du Maroc, et surtout sur la valeur relative des diverses régions dont il se compose. A cela, deux raisons : l'imperfection de nos connaissances et l'état politique de la contrée. Le Maroc est trop peu exploré pour qu'on puisse apprécier exactement ses ressources, et le serait-il davantage qu'on ne pourrait juger de richesses qui demeurent, en quelque sorte, latentes. Les renseignements que l'on possède sur l'état actuel de l'agriculture et du commerce sont de peu d'utilité, car les facteurs économiques passent tout à fait au second plan : l'état social des populations, l'insécurité plus ou moins radicale sont les phénomènes essentiels. C'est ce dont il est aisé de se rendre compte en passant en revue les divers éléments de la situation économique du Maroc.

I. — Productions et agriculture.

1. *Productions minérales.* — Les productions minérales du Maroc[2] sont à peu près inconnues. De vastes contrées, et précisément en général celles qui pourraient renfermer des richesses minérales, n'ont jamais été parcourues par des Européens. Là même où ont passé des voyageurs chrétiens, bien peu avaient des connaissances suffisantes pour que leur témoignage eût quelque autorité ; la plupart étaient fort ignorants en métallurgie, et ne se sont pas occupés des questions de mines. Ils eussent, d'ailleurs, été mis dans l'impossibilité de le faire par la défiance extrême des Marocains pour ce genre de recherches. On en est donc réduit, la plupart du temps, aux témoignages historiques ou à des dires indigènes. Les témoignages historiques, outre qu'ils sont souvent vagues et peu sûrs, n'ont pas grand poids en pareille matière ; beaucoup de mines, réputées riches dans l'Antiquité, ne sont plus exploitables de nos jours, soit parce qu'elles sont épuisées, soit parce que les conditions de production et de traitement des minerais ont totalement changé. Quant aux dires indigènes, ils sont, la plupart du temps, empreints d'exagération et mêlés à des histoires de trésors cachés, qui n'engagent pas beaucoup à y ajouter foi.

La présence du minerai de fer a été dûment constatée au Djebel-Hadid (montagne du fer), à 22 kilomètres N.-E. de Mogador. On y a rencontré des restes importants d'anciennes exploitations, carrières, cendres, scories, peut-être un puits de mine. Beaumier[2] envoya à Marseille des échantillons du minerai du Djebel Hadid qui présentaient une teneur de 58 °/₀ de fer.

Dans le Haut-Atlas, on aurait rencontré, d'après Lenz, des traces de houille[3], et, d'après James Craig[4], des échantillons très riches de minerai aurifère. Mais c'est surtout le Sous qui jouit d'une réputation de richesse minière extraordinaire, tant parmi les Européens que parmi les Marocains. On y ren-

[1] Voir dans la *Revue* du 15 janvier 1903, p. 12 et suiv., l'article de M. J. Machat, sur la Géographie du Maroc.

[2] Th. Fischer : Die Bodenschätze Maroccos, dans *Zeitschrift f. prakt. Geologie*, avril 1900, p. 110. Un inventaire plus étendu, mais plus sujet à caution, est donné par Budgett-Meakin : *The Land of the Moors*, Londres, 1901, p. 25 et suivantes.

[2] Beaumier : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1867, p. 34, et 1868, p. 337.

[3] O. Lenz : *Timbouctou*, trad. fr., t. I, p. 441.

[4] James Craig : Un aperçu du Maroc, dans *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1870, p. 183.

contre, disent les voyageurs, l'or, l'argent, le plomb, le fer, le cuivre, l'antimoine, etc. Il faut remarquer, néanmoins, qu'une partie de l'or qu'employait autrefois l'industrie marocaine venait certainement du Soudan ; aujourd'hui encore, les caravanes apportent un peu de poudre d'or à Mogador. De plus, c'est surtout pour les mines d'or qu'il convient de ne pas affirmer à la légère; les légendes indigènes font intervenir en cette matière les chrétiens et les démons, et, chez les civilisés eux-mêmes, l'imagination, au sujet du précieux métal, est parfois un peu échauffée ou singulièrement complaisante. L'existence de mines de cuivre dans le Sous est certaine; Rohlfs assure que, vers 1860, l'une d'elles était encore en exploitation et fournissait du minerai à Taroudant, et Beaumier dit aussi que les Berbères du Sous savent traiter le minerai de cuivre.

On a rencontré des grès ou des schistes à empreintes charbonneuses dans l'Andjera et aux environs de Tétouan. Cette découverte, si les renseignements donnés par Lenz sont exacts [1], pourrait avoir une certaine importance. Mais ce sont là de vagues indices, et jusqu'ici, pas plus au Maroc que dans le reste de l'Afrique du Nord ou dans le Sahara, on n'a trouvé de combustible exploitable.

Le Rif, de constitution sans doute assez analogue au massif de Beni-Saf et de Nemours, paraît renfermer, d'après de vagues renseignements, du fer, du cuivre et de l'antimoine, que les femmes, comme on sait, emploient sous le nom de *kohl* pour se peindre les yeux. Enfin, on prétend que les Ghiata, à l'Est de Fez, trouvent dans leur pays le plomb des balles avec lesquelles ils accueillent l'armée du Sultan.

Le Maroc, comme le reste de l'Afrique du Nord, est très riche en sel, sous forme de sources salées, fleuves ou lacs salés, rochers de sel. Certains étages du Tertiaire et probablement aussi du Trias renferment beaucoup de sel. Les terrains salés abondent dans la région au Nord et au Nord-Ouest de Fez. Dans la province d'Ahmar, le petit lac Ziama est exploité pour la croûte de sel qui s'y forme par évaporation. Dans la région de Demnat, on a signalé des rochers de sel, dont les gros blocs rougeâtres sont apportés sur le marché de cette localité. Quant aux eaux minérales, la plus célèbre est la source sulfureuse de Mouley-Yakoub, près de Fez.

Nous nous reprocherions d'insister davantage sur les productions minérales du Maroc : il vaut mieux avouer franchement notre ignorance à ce sujet. Quant à la possibilité d'y rencontrer des mines, M. Th. Fischer [1] attire l'attention sur la ressemblance générale qui existe entre le *Vorland* de l'Atlas, c'est-à-dire la région comprise entre la chaîne de l'Atlas et l'Océan, et la *Meseta* ibérique. De part et d'autre, on rencontre des terrains paléozoïques verticaux, recouverts en transgression par des terrains sédimentaires que la chaîne ancienne perce en maints endroits. Or, le plateau ibérique est riche en mines et en houille. Il est vrai que les roches éruptives anciennes, qui ont, en général, de si étroites relations avec les minerais, n'ont pas été jusqu'ici observées dans le *Vorland* marocain. Mais on connaît l'existence de granits, de porphyres et de mélaphyres dans le Haut-Atlas, au sud de Merrakech.

Quelles que soient les richesses minérales du Maroc, elles sont aujourd'hui, à l'exception du sel, absolument inexploitées. Les efforts faits périodiquement pour obtenir la permission de mettre en valeur certains districts miniers ont été infructueux. En 1846, l'interprète algérien Bou-Derba avait obtenu la permission d'exploiter certaines mines d'antimoine dans l'Andjera; mais, quand on sut qu'il voulait employer des capitaux étrangers, le permis lui fut retiré. Vers 1882, un Français, de Chavagnac, s'était rendu acquéreur de terrains miniers dans le Rif (Djebel Hammam) : il ne put jamais en prendre possession. Toute tentative analogue aboutirait à un insuccès du même genre, jusqu'au jour où une puissance européenne aura établi au Maroc un nouvel état de choses. Alors seulement, il y aura lieu de s'occuper sérieusement des richesses minérales du Maroc et de les rechercher.

2. *Productions végétales.* — La flore du Maroc [2] est encore trop imparfaitement connue pour qu'on puisse déterminer exactement ses relations avec les flores voisines et son degré d'originalité. Elle a un caractère nettement méditerranéen. Partout où l'humidité est suffisante, le sol se couvre de maquis et de broussailles, composés de myrtes, de lauriers, d'oliviers, de phyllirœa, de lauriers-roses, de bruyères arborescentes, d'arbousiers, de cistes, de lentisques, chacune de ces espèces dominant plus ou moins suivant les districts. Le chêne-liège, ainsi que d'autres espèces de chênes à feuilles persistantes, contribuent également à constituer les broussailles et les forêts. Le pin d'Alep, d'après MM. Battandier et Trabut, monte en moyenne au Maroc jusqu'à 1.700 mètres; avec lui se rencontrent divers conifères : *Callitris quadrivalvis*, *Juniperus oxycedrus* et *phœnicea*. Le *Quercus ballota* s'élève

[1] Lenz : *Timbouctou*, t. I, p. 78.

[1] *Die Bodenschätze Maroccos.*

[2] O. Drude : *Manuel de Géographie botanique*, trad. fr. par G. Poirault, p. 364 (donne la bibliographie).

jusqu'à 2.700 mètres ; il est accompagné d'une végétation montagnarde et tempérée. Puis viennent le cèdre, avec l'if et le houx, et au-dessus, en quelques points, une zone alpine (*Festuca ovina*, *Erinus alpinus*, *Rhamnus alpinus*). Mais les espèces alpines ne semblent pas être très nombreuses au Maroc : point de gentianes ou de rhododendrons; les Labiées (lavandes, thym, sauge, menthe) dominent dans la haute montagne.

Partout où l'humidité n'est pas suffisante pour entretenir la végétation arborescente, on rencontre la steppe à graminées (*Artemisia herba alba*, *Atriplex halimus*, *Bromus rigidus*) du *retem*, si le sol est sableux, avec quelques buissons épineux de jujubier (*Zizyphus lotus*), et des *betoums* (*Pistacia atlantica*), lorsque l'eau est à une faible profondeur. L'alfa est beaucoup moins répandu au Maroc qu'en Algérie.

Le Maroc n'a pas été épargné par le déboisement. En trop d'endroits, la forêt primitive et le maquis même ont disparu pour faire place à des surfaces dénudées. Le mal semble, cependant, avoir été moins grand que dans les autres parties de l'Afrique du Nord, par suite de la moindre extension de la vie nomade et de la présence de chaînes montagneuses plus élevées, c'est-à-dire à la fois mieux arrosées et moins accessibles au déboisement. Le Gharb et toute la côte occidentale paraissent singulièrement pauvres en arbres, et les forêts de chênes-liège de la région de Rabat sont assez misérables : le liège n'est, d'ailleurs, nulle part exploité au Maroc. En revanche, dans le Moyen et le Haut-Atlas, on mentionne de belles forêts, notamment les forêts de cèdres des Beni-Mguild et des Aït-Youssi; ces dernières sont exploitées : chaque tronc donne, en poutres, quatre ou cinq charges de mulet ; les poutres et les planches sont envoyées à Sefrou, qui les expédie dans les villes du Nord[1].

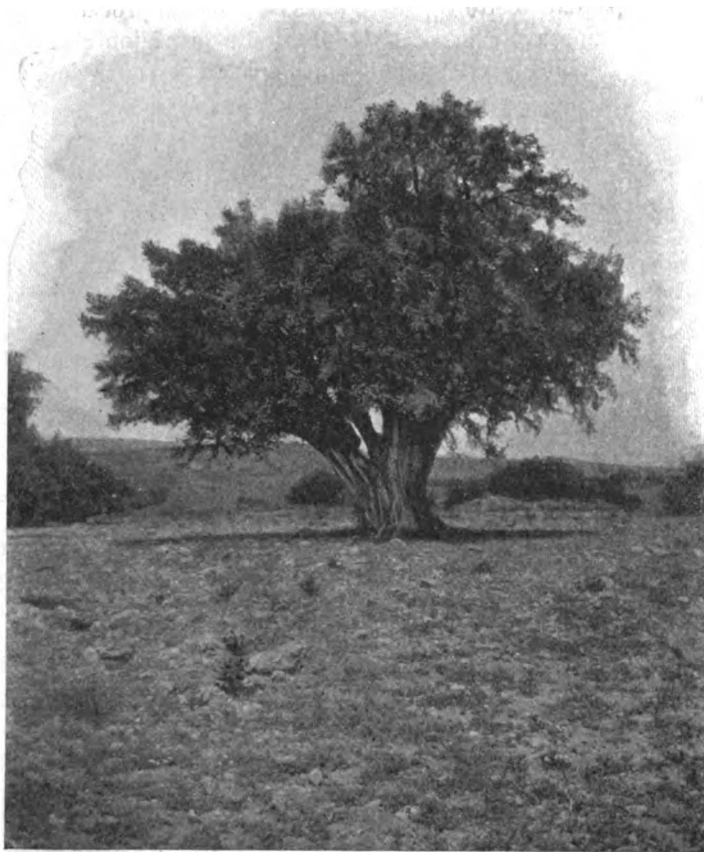


Fig. 1. — *Un arganier dans les Hâba, à Dâr Ahmech.* (Cliché de M. Doutté.)

Parmi les essences forestières du Maroc, les deux plus originales, sinon les plus intéressantes, sont l'*ar'ar* et l'arganier. L'*ar'ar* (*Callitris quadrivalvis*) est une Conifère très répandue dans les montagnes du Rif et de l'Atlas. Par sa structure générale, il rappelle le pin d'Italie; par son tronc et son feuillage, le cyprès. C'est le *Citrus* dont il est si souvent question chez les auteurs latins, et notamment dans Pline, et avec lequel on fabriquait des tables de grand prix[2]. Ce bois, précieux à cause de sa longévité et de sa beauté, n'est employé que pour la construction et le chauffage; il donne une résine, la sandaraque, qui sert à fabriquer du vernis.

Quant à l'arganier (*Argania sideroxylon*), c'est une Sapotacée (fig. 1), dont la présence au Maroc constitue une remarquable exception botanique[3]. Son aire géographique est très limitée : il s'étend sur la côte occidentale du Maroc depuis l'Oued-Noun jusqu'au delà du Tensift; on croyait qu'il ne dépassait pas cette limite, mais M. Th. Fischer[4] a constaté sa présence jusqu'à l'Oum-er-Rebia. Dans l'intérieur, il ne s'avance pas à plus de 40 ou 50 kilomètres de

[1] De Foucauld : *Reconnaissance au Maroc*, p. 39.

[2] Tissot : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1876, p. 273. — Cf. Hooker et Ball : *Marocco and the Great Atlas*, 1878, p. 389.

[3] Hooker et Ball, p. 395 et suiv. — Cf. P. Schnell *L'Atlas marocain*, trad. fr., p. 87, note 4. — Erckmann : *Le Maroc*, p. 49.

[4] Th. Fischer : Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise im Atlas-Vorlande von Marokko, dans *Peterm. Ergänz.*, n° 133, p. 110.

la mer. En dehors de cette région, l'arganier ne se rencontre nulle part ailleurs dans le monde.

L'arganier, avec son tronc noueux et son feuillage vert sombre, ressemble, dans son aspect général, à un olivier épineux. Le bois est d'une très grande dureté. Les baies sont mangées par les chèvres, les moutons et les bœufs; lorsque le fruit est mûr, un homme frappe les branches avec un bâton et les fait tomber; quelquefois les chèvres montent d'elles-mêmes dans les arbres, et celles qui ont cette aptitude se vendent, dit-on, plus cher. Le soir, on rentre les animaux, et ils commencent à ruminer leur nourriture; pendant cette opération, les noyaux sont rejetés sans avoir traversé l'estomac. Lorsqu'ils ont été purifiés par l'action du soleil, on les livre aux femmes, qui les cassent entre deux pierres. Les amandes sont ensuite soumises à l'action d'un pressoir très simple, qui en extrait l'huile d'argan, dont on se sert pour l'alimentation et l'éclairage. Quoique l'arganier rende aux Marocains de la côte Ouest de très grands services, on ne voit pas bien quel intérêt il y aurait à l'acclimater en Algérie, comme on l'a quelquefois proposé : l'olivier donne une huile bien plus facile à préparer et bien meilleure.



Fig. 2. — *Paysage du Gharb : A El Hâret, entre Ouezzân et Alcazar.*
(Cliché de M. Doutté.)

Parmi les autres plantes spéciales au Maroc et utilisées pour leurs produits [1], on peut citer une espèce de fécule, qui fournit la gomme « ammoniaque » (*fachouk*), résine d'une âcre odeur, expédiée en Egypte et en Arabie, où on l'emploie pour des fumigations. Sur le versant saharien et dans le Sous, on rencontre des gommiers (*Acacia gummifera*), et de grandes euphorbes (*Euphorbia resinifera*) dont on recueille le suc.

3. *Cultures arborescentes.* — Dans toute l'Afrique du Nord, région sans industrie véritable, le labourage et le pâturage sont les deux mamelles de la contrée.

[1] Hooker et Ball, p. 386 et suiv. — Cf. Lenz : *Timbouctou*, t. I, p. 334 et suiv.

On distingue au Maroc le *Blad-el-Ma*, terrain irrigué, et le *Bour*, qui n'est arrosé que par les pluies [1]. L'irrigation se fait soit au moyen de norias, soit par la dérivation des eaux superficielles ou souterraines. Les procédés sont à peu près les mêmes qu'en Espagne, en Sicile et dans le Levant. Dans la plaine de Merrakech et dans le Sous, aux canaux de dérivation superficiels s'ajoutent des canaux souterrains, jalonnés de place en place par des regards qui ont servi à sortir les matériaux et qui sont utilisés pour le curage; ce sont les *khattaras*, équivalent des foggaras du Tidikelt, et destinés, suivant un procédé très anciennement connu dans toute la région sèche de l'ancien monde, à amener l'eau à l'abri de l'évaporation [2]. Dans les terrains non irrigués, la récolte est souvent compromise si la pluie vient à manquer ou arrive trop tard. Là où il tombe moins de 35 à 40 centimètres d'eau, les récoltes sont trop précaires pour qu'on puisse faire autre chose que de l'élevage, et c'est la steppe, qui devient le désert si la terre reçoit moins de 20 centimètres de pluie. Les seules cultures possibles sont alors les cultures irriguées, qui constituent les oasis.

Comme tous les Méditerranéens, les paysans du Maroc sont essentiellement des jardiniers, cultivateurs de vergers. Les cultures arborescentes ont l'avantage de résister beaucoup mieux à la sécheresse que les plantes annuelles, et de donner, par suite, une récolte plus assurée. Les arbres fruitiers qu'on cultive sont : l'olivier, le figuier, la vigne, l'oranger, le citronnier, le grenadier, l'amandier, le pêcher, l'abricotier; divers légumes accompagnent ces arbres, notamment les pois et les fèves, qui, comme on le verra, figurent à l'exportation pour des chiffres importants. Les vergers marocains, quelquefois fort beaux (fig. 2), paraissent d'autant plus magnifiques que, pour y parvenir, il faut d'ordinaire traverser d'immenses étendues dé-

[1] Erckmann, p. 4.
[2] Th. Fischer, p. 86.

sertes et incultes. Toutes les villes du Maroc, sauf Mogador, assise sur une dune de sable, et la plupart des villages sont entourés de vergers de ce genre. Les jardins, séparés par des haies d'agaves ou de figuiers de Barbarie, ou bien entourés de murs en pierre, ressemblent aux *huertas* d'Andalousie. Certaines localités berbères de l'Algérie, qui ont à peu près conservé leur caractère, comme Mazouna, Nédroma, Tlemcen, en donnent une idée assez exacte. De Foucauld a décrit ces vergers en maintes occasions. Tels sont les jardins de Taza, « épaisses forêts d'arbres fruitiers couvrant la plaine tout autour de la ville, et élevant leur haute ramure au-dessus du faite des maisons[1] ». Tels ceux de Debdou : « Des ruisseaux, se précipitant du sommet de la montagne, bondissent en hautes cascades le long de ses parois abruptes, et en revêtent la surface de leurs mailles d'argent. Rien ne peut exprimer la fraîcheur de ce tableau. Vignes, oliviers, figuiers, grenadiers, pêchers, forment, auprès de la ville, de profonds bosquets, et au delà s'étendent en ligne sombre sur les bords de l'oued[2]. » Tels encore les jardins de Sefrou, qui exportent à Fez une multitude énorme de fruits. « Les jardins de Sefrou, dit de Foucauld[3], s'allongent à nos pieds en masse sombre ; une pente douce y conduit; la ville est au milieu; mais, cachée dans la profondeur des grands arbres, nous ne l'apercevrons qu'arrivés à ses portes. J'entre dans les jardins, jardins immenses et merveilleux comme je n'en ai vu qu'au Maroc : grands bois touffus, dont le feuillage épais répand sur la terre une ombre impénétrable et une fraîcheur délicieuse, où toutes les branches sont chargées de fruits, où le sol toujours vert ruisselle et murmure de sources innombrables. Chechaouen, Taza, Sefrou, Beni-Mellal, Demnat, autant de noms qui me rappellent ces lieux charmants : tous sont également beaux, mais le plus célèbre est Sefrou. »



Fig. 3. — *Indigène du Maroc septentrional.*

Dans les régions montagneuses, Rif et Atlas, les cultures arborescentes paraissent également assez étendues[1], autant qu'on en peut juger d'après le peu qu'on sait de ces régions. Les Rifains (fig. 3 et 4) cultivent la vigne, savent la piocher et la tailler; mauvais musulmans, beaucoup boivent du vin. La région des Djebala est plus riche que le Rif, et le territoire des Beni-Arous, notamment, est un immense verger[2]. Il en est de même du Djebel Beni-Hassan et de toute la région qui s'étend entre Tétouan et Ech-Chaoun (Chechaouen) : « Au milieu des blés brillent une multitude de villages entourés de jardins; ce n'est que vie, richesse, fraîcheur... Nulle part je n'ai vu de paysage plus riant, nulle part un tel air de prospérité, nulle part une terre aussi généreuse, ni des habitants plus laborieux »[3]. « Chez les Aït-bou-Zid, tribu du Moyen-Atlas, toutes les portions du sol dont on a pu tirer parti

[1] De Foucauld, p. 31.
[2] Id., p. 249.
[3] Id., p. 38.

[1] A. Mouliéras : *Le Maroc inconnu* : I. *Le Rif*; II. *Les Djebala*, in-8°, Paris, 1900.
[2] De la Martinière et N. Lacroix : *Documents pour servir à l'étude du Nord-Ouest africain*, t. I, p. 407.
[3] De Foucauld, p. 6.

sont plantées : ici sont des blés, là des légumes, ailleurs des oliviers; ils s'étagent par gradins, une succession de murs en maçonnerie retenant les terres; sur ces pentes raides, on ne peut labourer à la charrue; tout se travaille à la pioche[1] ». Ailleurs, au lieu de cultures à flanc de coteau, c'est le fond de la vallée qui est bordé d'un ruban de cultures irriguées. Tout le pied nord du Haut-Atlas est accompagné d'une zone de jardins et de vergers, qui utilisent les eaux abondantes descendues des hautes cimes, eaux de surface et eaux souterraines. De Demnat à l'Oued Nfys, une région d'oasis longue de plus de 100 kilomètres, large de quelques kilomètres au plus accompagne la rive sud du Tensift[2]. De même que Sefrou alimente le marché de Fez, Demnat alimente celui de Merrakech de ses fruits, raisins, figues, grenades, pêches, citrons et olives, aussi remarquables par la qualité que par l'abondance[3]. Thomson vit près de Demnat une digue importante, le seul travail considérable de ce genre qu'il ait rencontré dans tout le Maroc du Sud[4]. Dans l'Oued-Redat, « les villages sont disposés le long de la rivière; les plantations s'étagent au-dessous, disposées par gradins; de petits murs retiennent la terre[5]. L'oasis même de Merrakech[6] fait partie de cette zone des jardins du pied de l'Atlas; les cultures irriguées s'étendent de Sidi-Rehal à Merrakech, sur la rive gauche du Tensift et le long de ses affluents descendus de la montagne; l'oasis est longue d'environ 45 kilomètres, large de 5 à 8. Quoique les dattiers y soient nombreux, et contribuent à sa physionomie, les fruits mûrissent mal et sont médiocres, à cause de l'altitude déjà trop grande. Les oliviers demeurent la culture principale, accompagnés de grenadiers et d'orangers. Sur les deux versants de la chaîne du Haut-Atlas apparaît le noyer, qui manque dans le nord[7]. On rencontre aussi quelques mûriers, et on fait un peu d'élevage de vers à soie. Sous les arbres à fruits, on cultive le blé, le maïs, l'orge et divers légumes, pois, pois chiches, fèves, etc.

Le Sous a une physionomie culturale tout à fait spéciale, qui tient à la situation géographique particulière de la vallée, enfermée entre deux longues et hautes chaînes. Ce n'est plus le Tell, et ce n'est pas encore le Sahara. Avec son atmosphère sèche et ses eaux abondantes, c'est, si l'on veut, une petite Égypte, mais c'est un bien pauvre Nil que l'oued Sous. La plaine du Sous « est loin d'être cultivée en entier[1]. Pendant que champs, jardins et villages se pressent sans interruption sur les rives du fleuve, ils sont très inégalement répartis dans le reste de la vallée, bien que le sol soit partout tapissé d'une verdure abondante ». En somme, « le pays est fertile, boisé et peuplé[2] »; les environs de Taroudant, notamment, sont d'une richesse extrême. Dans le haut de la vallée, on cultive surtout l'olivier et l'amandier; dans le cours moyen et vers l'embouchure, l'orge, le blé, le maïs, auxquels se joint l'élevage des bœufs. Les bois d'arganiers sont nombreux. Lorsque la pluie tombe au bon moment, les récoltes sont excessivement belles; dans le cas contraire, les habitants arrosent péniblement leurs terres au moyen de puits, profonds de 10 mètres[3].

Sur le versant saharien, c'est l'eau et non la terre qui a de la valeur; tout dépend de son abondance plus ou moins grande. C'est le dattier qui constitue les jardins; les autres arbres fruitiers sont accessoires et poussent sous son ombre. Malgré la présence de nombreux palmiers dans la plaine subatlantique, on peut admettre, avec de Foucauld[4], que la limite nord de leur culture productive est la crête du Haut-Atlas à l'est du Draa supérieur, celle de l'Anti-Atlas à l'ouest de ce fleuve. Les principales espèces de dattes que produit le Sahara marocain sont, par ordre de mérite, les bou-ittob, les bou-feggous, les bou-sekri, les djihel, les bou-souaïr; ces dernières servent surtout à la nourriture des bestiaux. Les diverses espèces sont mélangées dans les oasis, quoique, dans chacune, une de ces espèces domine particulièrement.

Les oasis du Sahara marocain présentent un aspect enchanteur : « cette végétation luxuriante[5], ces arbres superbes qui répandent une ombre épaisse sur une terre toute verte; ces mille canaux, ce ciel admirable, cette nature riche et riante au milieu de la contrée la plus désolée, font des oasis un lieu de délices; dans toutes, même fraîcheur, même calme, même abondance : endroits charmants, où il semble ne pouvoir exister que des heureux ». Mais de Foucauld a décrit le Sahara en artiste, ce dont on ne saurait lui faire un reproche, car le Sahara est plus intéressant pour les artistes que pour les économistes. En outre, il nous avertit lui-même qu'il a vu le Sahara dans

[1] De Foucauld, p. 73. — Cf. Lenz, p. 377.
[2] Th. Fischer, p. 103.
[3] De Foucauld, p. 78.
[4] Thomson : *Travels in the Atlas and Southern Marocco*, London, 1889, p. 162.
[5] De Foucauld, p. 80. — Cf. Thomson, p. 208.
[6] Th. Fischer, p. 90.
[7] « L'Atlas, écrit M. Edmond Doutté, qui l'a récemment visité, est infiniment moins peuplé que notre grande Kabylie; les villages sont bâtis toujours au fond des vallées, au rebours de ce que font nos Kabyles. Le pays n'est pas riche en somme. » (*Bull. Soc. Géogr. d'Alger*, 1901, p. 326.)

[1] De Foucauld, p. 189.
[2] R. de Segonzac : *Excursion au Sous*, in-8°, Paris, 1901, p. 96-97 et 179.
[3] Erckmann, p. 49.
[4] De Foucauld, p. 115.
[5] Id., p. 104.

une année humide, succédant à plusieurs années sèches. Malgré la présence de grandes et importantes lignes d'eau, il ne faudrait donc pas, sur la foi de cet admirable explorateur, exagérer la richesse du Sahara marocain. Les oasis y occupent une très faible superficie relative; ce sont, comme le répète de Foucauld à maintes reprises [1], de simples lignes, de minces rubans de verdure, et non de vastes territoires. Les districts du Draa moyen, la partie la plus riche du Sahara marocain, sont des tronçons plus ou moins grands de la longue ligne verte qui accompagne le fleuve du Mezgita à El-Mhamid; « cette bande a 500 mètres de large; nulle part elle ne s'étend davantage ». Il en est de même pour les autres oasis : le Todghra, le Ferkla, le Gheris, les districts du Ziz; ces derniers, qui constituent le Tafilelt au sens large, s'étendent depuis la sortie de l'Atlas jusqu'à la Daïa-ed-Daoura; quand il y a assez d'eau, c'est, dit Schaudt [2], la région la plus riche du Maroc; mais il est fort rare que les eaux arrosent tout le Tafilelt. Ce sont des bandes sans épaisseur, de longs serpents noirs s'allongeant dans la plaine.



Fig. 4. — *Indigène des environs de Tanger.*

Les oasis contiennent presque toutes un noyau intérieur, irrigué en tout temps et consacré principalement aux arbres à fruits, et une zone extérieure où l'on ne peut arroser qu'au printemps et en hiver, voire même seulement dans les années de pluie, et où l'on cultive seulement du blé et de

[1] De Foucauld, p. 211, 220 et 227.

[2] Schaudt : *Zeitsch. d. Gesellsch. f. Erd. zu Berlin*, 1883, p. 403. Sur le Tafilelt, v. aussi Dastugue, de Foucauld, Delbrel, de Castries, Walter B. Harris.

l'orge [1]. En dehors de l'irrigation, point de culture possible sur le versant saharien. Dans le cours inférieur du Draa, à partir du moment où il fait un coude brusque et se dirige vers l'Océan parallèlement aux crêtes de l'Atlas, « plus un dattier, plus une maison [2]; au sortir d'El-Mhamid, l'Oued Draa entre dans le désert; il y reste jusqu'à la mer. Il coule en plaine; plus d'eau; son lit à sec s'élargit démesurément; ses bords sont aussi désolés qu'ils étaient riants tout à l'heure. Cependant, à l'endroit où les affluents descendus de l'Atlas débouchent dans le Draa, on cultive, dans le lit même du fleuve, les espaces temporairement inondés appelés *maders*. De Foucauld a vu, et décrit avec son habituel bonheur d'expression, une scène de labourage dans les maders : « Le lit de l'Oued-Draa [3], d'habitude désert, présente l'aspect le plus gai et le plus animé. Au lever du jour, une multitude de feux s'allument le long des deux rives, perçant le brouillard du matin; c'est le premier repas qui s'apprête en silence. Puis chacun quitte le bivac et se met au travail; les vapeurs s'élèvent peu à peu; au-dessous des pentes du flanc gauche, encore d'un violet sombre, le soleil illumine le fleuve, dont les sables se colorent d'un rose doux : la vie renaît; le lit se couvre de monde; les laboureurs le parcourent en tous sens; on n'entend que les hennissements, les mugissements des animaux et les cris des conducteurs qui les excitent. »

On cultive dans les maders de l'orge, un peu de

[1] Th. Fischer, p. 89.

[2] De Foucauld, p. 268.

[3] Id., p. 148.

blé et du maïs. Ce dernier atteint une taille prodigieuse : les tiges en sont, dit-on, plus hautes qu'un cavalier monté ; les épis ont près d'une coudée de long[1]. Malheureusement, on ne peut pas cultiver les maders tous les ans ; on n'ensemence que quand des nuages apparaissent en automne, donnant l'espoir d'un hiver pluvieux ; non qu'on ait besoin de pluie dans les maders mêmes, mais il faut qu'il en tombe dans les montagnes pour remplir les rivières qui les arrosent.

4. *Cultures annuelles.* — Les maders, indépendamment même de l'irrégularité des récoltes, occupent une superficie trop minime pour avoir une importance économique réelle. Il en est autrement des plaines du Maroc occidental, qui sont les vraies terres à céréales de la contrée : « La partie du Maroc que l'on doit considérer comme la plus importante, la plus riche et la plus peuplée, dit Lenz[2], est la moitié occidentale du pays situé au nord de l'Atlas, célèbre de toute antiquité comme grenier à grains. C'est une plaine étendue, peu élevée audessus de la mer, couverte d'un humus fertile, assez bien pourvue d'eau, et où, de tout temps, on a activement cultivé le froment; l'élève du bétail, et en particulier celui du cheval, y est pratiqué également, et les nombreuses tribus qui l'habitent fournissent au Sultan la meilleure part de ses revenus ».

Ce sont les provinces de Chiadma, Abda, Doukkala et Chaouïa qui produisent les plus beaux blés du Maroc : ce sont des blés durs[3], rendant depuis 25 jusqu'à 60 pour 100. Dans ces provinces, la région cultivable sans irrigation accompagne la côte sur une largeur de 50 à 70 kilomètres. M. Th. Fischer y a reconnu et signalé la présence d'une terre noire appelée *Tirs*, qui se montre à une faible distance du littoral et s'étend depuis 30° lat. N. jusque vers 34°2 lat. N., sur une superficie qu'on peut évaluer à 30.000 kilomètres carrés[4]. C'est une formation spéciale, dont la coloration sombre est due aux matières organiques qu'elle renferme. On n'y trouve point d'eau courante, peu de sources, mais seulement des puits : elle est complètement dépourvue d'arbres, mais sa grande fertilité et sa grande capacité pour retenir l'eau en font une terre à céréales excellente ; le maïs y vient sans irrigation, ce qui est très exceptionnel dans les pays méditerranéens. La terre noire marocaine serait appelée, d'après M. Th. Fischer, à devenir une des régions de culture les plus riches de la Terre. Malheureusement, les pluies sont déjà rares sur cette côte, et les années de sécheresse, où la récolte manque complètement, sont fréquentes[1], ainsi qu'il arrive, d'ailleurs, dans les terres noires de Russie. C'est seulement au nord du Sebou que le manque d'eau n'est plus guère à craindre; là, la terre, argileuse et forte, redoute plutôt la surabondance d'humidité.

Pour avoir la liste des principales cultures annuelles du Maroc, il faut joindre au blé et au maïs, à l'orge et au doura, les fèves, les pois, les lentilles, l'alpiste ou phalaris des Canaries, qui se sème avec le blé, le riz, le lin, le chanvre indien, le safran, le tabac, le henné. La culture des céréales est, d'ailleurs, générale et n'est pas restreinte à la côte occidentale. Mais ce qui frappe, c'est la surface extrêmement restreinte qu'occupent les espaces cultivés, qui varient en étendue et changent de place chaque année, par suite de la facilité avec laquelle le laboureur peut toujours choisir un champ nouveau et vierge. La campagne, à l'époque des moissons, a l'aspect d'un vaste manteau, tacheté de loin en loin de quelques places jaunâtres[2]. « Rien ne frappe plus l'étranger, dit Arthur Leared[3], que l'absence de cultures sur de grands espaces fertiles. On peut voyager de nombreuses heures sans voir une maison, une tente, aucun signe de vie humaine. » Un des membres de la Mission marocaine récemment envoyée en France, interrogé sur ses impressions, déclara que la France lui avait paru d'un bout à l'autre un immense jardin : le mot est très significatif et point hyperbolique. La France, partout cultivée, doit apparaître comme un vaste jardin aux habitants de l'Afrique du Nord, où les parties mises en culture ne sont que des lignes sans épaisseur ou des points sans étendue. La vieille comparaison de la « peau de panthère » s'applique non seulement au Sahara, mais aussi, quoique dans une moindre mesure, au Maghreb tout entier. Et, dans les appréciations des voyageurs, il faut toujours tenir grand compte du contraste entre les espaces désolés, traversés pendant de longs jours, et les jardins ou les cultures.

On laboure[4] au moyen d'une charrue en bois, sans roues, munie d'un sabot en fer d'une dizaine de kilogrammes, qui s'use très vite; on y attelle tous les animaux possibles et même les femmes; il n'est pas rare de voir un chameau, un âne et une femme tirer la charrue côte à côte. Le harnachement est des plus primitifs; il se compose, le plus souvent, d'un bâton placé sur le cou de l'animal, relié à un autre bâton placé sous le ventre, le tout attaché à la charrue au moyen de cordes. Avec un

[1] De Foucauld, p. 298.
[2] Lenz : *Timbouctou*, t. I, p. 379.
[3] Beaumier : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1867, p. 29.
[4] Th. Fischer : *Atlasvorland*, p. 121.

[1] Th. Fischer, p. 68.
[2] Beaumier, art. cité.
[3] Arthur Leared : *Marocco and the Moors*, 2e édit., London, 1891, p. 279.
[4] Erckmann, p. 123.

pareil système, on ne saurait labourer que les terres qui viennent d'être détrempées par les pluies. Le sillon n'étant pas beaucoup plus grand que celui d'une forte herse, on peut semer avant de labourer, afin de s'éviter la peine de herser ensuite. La moisson se fait avec des faucilles, quelquefois avec un couteau; même, dans certaines régions, on arrache simplement les chaumes avec la main. Une charrue grossière, une houe pour le jardinage, une faucille, un couteau, tels sont les instruments connus du paysan marocain. Les épis sont foulés par les animaux sur des aires en rase campagne; pour vanner le grain, on le jette en l'air avec une pelle de bois, et on laisse le vent emporter la balle[1].

Récolter n'est rien pour le pauvre fellah marocain; l'important est de conserver son grain et de le soustraire, dans le *blad-el-maghzen* à l'avidité du caïd et du sultan, dans le *blad-es-siba* aux convoitises des tribus voisines. Aussitôt récolté, le grain disparaît dans de profonds silos, soigneusement cachés, pour n'en plus ressortir quelquefois qu'au bout de plusieurs années. Une des principales occupations des soldats du Sultan, lorsqu'il veut « manger une tribu », est précisément de découvrir ces silos. Dans les chaînes de l'Atlas et dans le Sahara, les grains et autres provisions sont enfermés soit dans des *tirremts* ou châteaux-magasins, soit dans des *agadir*, villages fortifiés où toute une tribu emmagasine ses récoltes[2]. Des usages analogues s'observent, à titre de survivance, dans l'Aurès et chez les troglodytes du Sud-Tunisien.

L'exportation des céréales est, d'ailleurs, presque toujours interdite au Maroc. Cette prohibition n'a, paraît-il[3], été levée que deux fois : l'une vers la fin du XVIII[e] siècle, sous Sidi Mohammed ben Abdallah, qui s'est créé de cette façon des ressources en armes et en argent à l'effet de soutenir la guerre contre l'Espagne; l'autre n'a duré que quelques années, de 1891 à 1893 : encore a-t-elle été virtuellement annulée par les droits énormes dont les céréales ont été frappées à la sortie. D'une manière générale, il n'est pas convenable que le blé et l'orge, nourriture des croyants et de leurs montures, aille alimenter les chiens de chrétiens. On espère, en outre, en empêchant la sortie des grains, éviter les famines. Bien entendu, le résultat de cette économie politique enfantine est exactement inverse : dès que la pluie tarde à se montrer, le prix des grains augmente d'une manière invraisemblable; si elle fait complètement défaut, le pays est en proie à la disette, d'autant plus que, par suite de l'absence de voies de communication, il y a souvent abondance dans une province et disette dans une autre.



Fig. 5. — *Troupeau de chèvres dans les steppes du Maroc occidental.*

La situation lamentable de la contrée explique assez que le fellah marocain ne cultive que dans la stricte mesure de ses besoins. Cette situation, nul ne l'a dépeinte en termes plus vigoureux que De Foucauld[1]: « On travaille le jour, il faut veiller la nuit; ferme-t-on l'œil un instant, les maraudeurs enlèvent bestiaux et récoltes; tant que l'obscurité dure, ils tiennent la campagne. A force de fatigues et de soins, a-t-on sauvé les moissons, les a-t-on rentrées, il reste encore à les dérober au caïd ; on se hâte de les enfouir, on crie misère, on se plaint de sa récolte. Mais des émissaires veillent; ils ont vu que vous alliez au marché sans y acheter de grains : donc vous en avez; vous voilà signalé : un beau jour, une vingtaine de *mkhaznis* arrivent : on fouille la maison, on enlève le blé et le reste ; avez-

[1] THOMSON, p. 467.
[2] DE FOUCAULD, p. 62. — Cf. TH. FISCHER, p. 98.
[3] *Recueil consulaire belge*, 1899, p. 389.

[1] DE FOUCAULD, p. 40.

vous des bestiaux, des esclaves, on les emmène en même temps : vous étiez riche le matin, vous êtes pauvre le soir. Cependant, il faut vivre, il faudra ensemencer l'année prochaine; il n'y a qu'une ressource : le Juif. Si c'est un honnête homme, il vous prête à 60 °/₀, sinon à bien davantage : alors, c'est fini; à la première année de sécheresse, viennent la saisie des terres et la prison; la ruine est consommée. »

5. *Elevage*. — A côté des cultures arborescentes et des céréales, l'élevage fournit et pourrait surtout fournir au Maroc d'importantes ressources. Ce pays, différant en cela du reste de l'Afrique du Nord, paraît se prêter fort bien, dans certaines de ses parties, à l'élevage des bêtes à cornes. Les plaines du Gharb, au nord du Sebou, en renferment un grand nombre; mais la tribu des Zaïan est, paraît-il, celle qui en élève le plus[1]. Les bœufs marocains ne ressemblent pas aux bêtes chétives et de petite taille qu'on rencontre d'ordinaire en Algérie et en Tunisie : ils rappelleraient parfois, d'après certains témoignages, les bestiaux de la Normandie ou de la France centrale.



Fig. 6. — *Lavage de la laine dans une daya, à Sahrij, sur la route de Merrâkech à Mazagan.* (Cliché de M. Doutté.)

Cependant, c'est l'élevage des moutons et des chèvres qui a le plus d'importance et occupe les plus vastes surfaces. On le pratique surtout dans les steppes du Maroc occidental, qui constituent un beau pays d'élevage (fig. 5). Ce sont les moutons du Tedla qui donnent la meilleure laine (fig. 6). Les chèvres sont particulièrement nombreuses dans le Chiadma et le Haha. Beaucoup de populations marocaines associent l'agriculture à l'industrie pastorale; les grands nomades se déplaçant à longues distances et, vivant exclusivement de leurs troupeaux, ne dépassent pas le Sous. Il en est tout autrement dans le Maroc oriental, où le Dahra, pays désolé qui continue les steppes de la province d'Oran, ne se prête qu'à l'élevage du mouton et constitue des terrains de parcours. Dans l'Atlas même, quelques tribus berbères ne cultivent pas du tout le sol et vivent de leurs troupeaux. Les montagnards ont surtout des mulets, des ânes et des chèvres. Les chameaux, bien entendu, sont la bête de somme de la région saharienne. Quant aux chevaux, ils sont petits, dociles et sobres, mais, sauf quelques exceptions, moins nombreux et moins beaux qu'on ne le croirait; la race est visiblement dégénérée : il n'y a plus, dit-on, de beaux chevaux berbères que dans les écuries du Sultan. Les disettes, les épizooties, font souvent faire à l'élevage de très grandes pertes, aussi bien en chevaux qu'en moutons et en bœufs. L'industrie pastorale est, d'ailleurs, comme le reste, à l'état barbare. L'éleveur marocain ne se soucie point de l'amélioration des races et s'en remet à Dieu pour la multiplication des sujets[1].

L'exportation des chevaux est strictement interdite, et ceux-là seuls peuvent quitter le pays qui sont destinés à être donnés en présent par le Sultan aux souverains européens ou à leurs ambassadeurs[2]. L'exportation des bœufs est défendue dans tous les ports du Maroc, excepté à Tanger, où chaque Puissance est autorisée à donner à ses nationaux des permis d'exportation jusqu'à concurrence de 6.000 têtes par an; en fait, la prohibition à Tanger n'existe plus que sur le papier. Pour les moutons mêmes, l'exportation est souvent interdite à la frontière algérienne, ou est du moins gravement entravée. C'est pourquoi, comme on le verra, ce sont surtout les produits accessoires de l'élevage, peaux et laines, qui figurent aux statistiques d'exportation.

[1] De Foucauld, p. 46.

[1] Beaumier, p. 29.
[2] Lenz, p. 440.

6. *Avenir agricole.* — Pour les Européens, au point de vue de l'agriculture proprement dite, c'est-à-dire de la culture de la terre, pas plus que pour l'industrie minière, il n'y a, dans l'état actuel des choses, rien à faire au Maroc [1]. Le droit d'acheter des propriétés leur a bien été reconnu par le traité de Madrid, mais il est, en pratique, rendu irréalisable par l'interprétation que le Gouvernement marocain donne à l'article 11 de ce traité. Il est impossible à l'étranger de se rendre acquéreur d'un domaine assez considérable pour qu'une culture savante puisse y être appliquée avec chances de profits; de plus, il ne règne pas, dans l'intérieur, une sécurité suffisante pour que les Européens puissent s'y établir. On est donc forcé d'avoir recours à l'association; dans ce cas, on dépend exclusivement de la bonne foi de l'associé indigène, et on est généralement victime de sa confiance. Il n'en est pas de même pour l'élevage; quoique, là aussi, on soit obligé de pratiquer l'association, la surveillance est plus facile, et l'indigène a un intérêt considérable à satisfaire son associé étranger, car la protection étrangère seule lui garantit la propriété de ses troupeaux, qui, sans elle, seraient à tous moments exposés à être saisis. On donne 100 moutons à l'indigène à un prix convenu; l'indigène en a soin pendant trois ans sans rétribution; au bout de trois ans, le produit de la laine et l'augmentation du troupeau ont amorti le capital; l'indigène devient propriétaire de la moitié. Ces opérations sont souvent faites par des étrangers fixés à la côte, notamment dans la région de Larache, et généralement avec bénéfice.

Il est fort embarrassant de « tirer l'horoscope », au point de vue agricole, du Maroc en général et des diverses régions qui le composent. Il faut d'abord retirer de la liste des productions éventuelles du Maroc un certain nombre de cultures tropicales, que certains auteurs ont tendance à y mettre : tels le coton, qu'avait essayé le sultan Muley-el-Hassan, la canne à sucre, qui a été cultivée au XVIe siècle dans le Sous par les chérifs, à plus forte raison l'indigo ou le café. On sait aujourd'hui que l'Afrique du Nord, au climat sec et extrême, est parfaitement impropre aux cultures tropicales, qui recherchent un climat humide et égal. On ne peut donc prétendre, comme Craig, que « les productions des pays et des climats les plus divers y viennent et y prospèrent côte à côte [2] ». Ce sont de ces assertions vagues, comme en émettent les voyageurs et les géographes, mais qui, par leur exagération même, mettent en défiance les gens prudents et sérieux. La liste des productions agricoles du Maroc, au cas où il viendrait à être mis en valeur par les Européens, resterait donc vraisemblablement à peu près ce qu'elle est aujourd'hui; seule, l'importance absolue et relative de ces diverses productions changerait considérablement.

Dans quelle mesure? Pour l'entrevoir, il faut, comme pour les richesses minières, envisager beaucoup moins la situation actuelle que les données générales que l'on possède sur la contrée. Le Maroc est, au point de vue agricole, le plus favorisé des trois pays de la Berbérie, parce qu'il possède des chaînes montagneuses beaucoup plus élevées, donnant naissance à des cours d'eau plus abondants, et, par suite de la fonte des neiges, versant le plus d'eau précisément dans la saison où elle est le plus rare et le plus nécessaire. Supposez un millier de mètres ajoutés aux montagnes de l'Algérie et de la Tunisie, et vous aurez une juste notion des possibilités agricoles au Maroc.

L'eau est certainement utilisée sur le versant saharien à peu près autant qu'elle peut l'être, à cause de sa rareté même, et de ce côté l'intervention européenne ne produirait sans doute pas une amélioration bien sensible. Il en est tout autrement sur les versants Nord et Ouest; James Craig pense qu'avec les cinq grands fleuves du versant atlantique on pourrait irriguer 600.000 hectares : on se demande sur quoi il se fonde pour donner ce chiffre, puisqu'on ne sait rien du débit moyen des cours d'eau, ni de leur pente, ni de rien de ce qui permet d'évaluer la surface irrigable.

Evidemment, c'est sur le versant atlantique, au nord de l'Atlas, que se trouvent les régions qui paraissent les plus propres à être transformées par les Européens. Les surfaces cultivables avec ou sans irrigation, et qui ne sont pas cultivées, y sont certainement très considérables. Il ne faudrait cependant rien exagérer : le Maroc, dit-on, a des Tells [1], puisqu'il est baigné par deux mers. Cela est exact, mais rien ne sert à une contrée d'être au bord d'une mer, si le vent régnant ne lui en apporte pas les précipitations. Or, l'alizé du N.-E. domine de plus en plus, même sur la côte, à mesure qu'on s'avance vers le Sud, et Mogador, qu'on ne l'oublie pas, est à la latitude d'Ouargla; le royaume de Merrakech souffre souvent de la sécheresse, la flore y a déjà un caractère passablement désertique, et Lenz fait remarquer déjà [2] que les plaines situées au nord de l'Atlas sont plus desséchées qu'on ne s'y attendrait. Dans la partie du Maroc voisine de l'Algérie, le sable, les dunes et la flore saharienne s'avancent presque jusqu'au bord de la Méditerra-

[1] *Recueil consulaire belge*, 1899, p. 374.
[2] J. Craig : *Bull. Soc. de Géogr. Paris*, 1870, p. 184.

[1] Erckmann.
[2] Lenz, p. 377.

née, dans le « désert » de Garet, par 35°6 lat. N.

Le Gharb et les Djebala, surtout « l'Entre-Deux-Mers », la région septentrionale qui s'avance entre l'Atlantique et la Méditerranée, est d'une fertilité beaucoup plus certaine et plus régulière. La région centrale de l'Atlas (Zaïan, Beni-Mguild, Aït-Youssi), malheureusement fort peu explorée, est également un des territoires les plus intéressants : « cultures et climat européens, grandes forêts, eau en abondance[1] ». Mais les chaînes montagneuses, Rif et Atlas, sont fortement occupées par leurs habitants berbères et l'établissement des Européens n'y serait pas de sitôt possible.

II. — Industrie.

L'industrie marocaine ne mérite pas de retenir longtemps l'attention. Elle s'est un peu mieux défendue que dans les autres pays musulmans[2], par suite de l'isolement systématique où s'est tenu le Maroc. Pour le même motif, elle est restée stationnaire; l'ouvrier se sert aujourd'hui encore des instruments en usage il y a un millier d'années, et travaille d'après la même méthode que ses prédécesseurs de l'antiquité, sans changement ni amélioration. Les artisans indigènes ne sont pas sans talent, et font preuve de goût quand leurs dispositions naturelles ne sont pas gâtées par le contact de l'industrie étrangère.

L'industrie a pour principal caractère d'être essentiellement familiale. Les femmes, sous la tente ou dans la maison, tissent la laine des troupeaux du maître pour vêtir les gens de la famille et écrasent le grain de ses moissons. Même dans les gros villages, il y a peu d'artisans ; sauf le forgeron, on n'y rencontre guère de spécialistes[1]. Dans les principales villes seulement, il y a quelque industrie, nulle part de véritables manufactures. Il est rare que plus de deux ou trois ouvriers ou apprentis soient réunis.

Les Israélites, qui, aux yeux des musulmans, ne sont pas des hommes, à qui les chevaux, les armes sont interdits, ne peuvent être qu'artisans ou commerçants[2]. Les menuisiers, les cordonniers, les orfèvres sont souvent juifs, tandis que les tisserands, les potiers, les maçons sont, presque sans exception, musulmans.

Beaumier a donné[3] un intéressant budget de l'artisan marocain. Il travaille 8 heures, gagne de 1 à 2 francs par jour. S'il n'est pas propriétaire de sa maison, il la loue 3 ou 4 francs par mois. Le mobilier vaut 140 francs, les vêtements 190 francs. Pour une famille comprenant le père, la mère, la négresse et deux enfants, on dépense environ 60 centimes par jour. Le budget de l'artisan serait donc d'environ 360 francs par an. En admettant même que le prix de la vie ait un peu augmenté au Maroc, les chiffres de Beaumier doivent être encore approximativement exacts.

M. Jannasch a tracé[4] le tableau de l'industrie marocaine et des outils primitifs dont elle se sert. Les meules pour écraser le grain sont celles qu'on rencontre dans tous les pays arabes et jusqu'au Soudan ; ce sont les femmes qui sont chargées de ce soin. Dans quelques villes existent de grandes meules tournées par des chevaux ; à Fez et à Merrakech seulement quelques moulins à eau.

Les constructions indigènes sont toutes en toub ou en pisé, et la pierre de taille n'est plus employée.

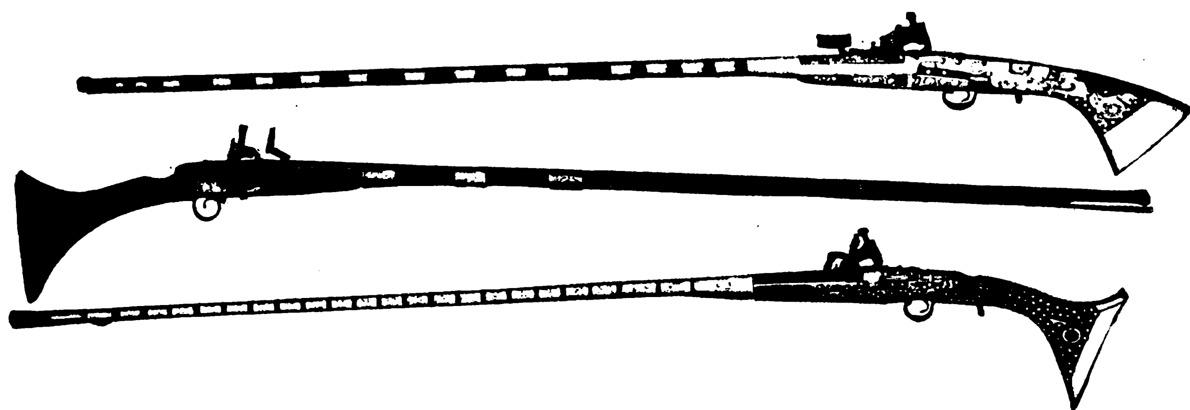


Fig. 7. — *Fusils de fabrication marocaine : en haut, fusil du Soûs; au milieu, fusil fabriqué au Tétouan; en bas, fusil de l'Atlas.* (Cliché de M. Doutté.)

[1] R. de Flotte Roquevaire : Essai d'une carte hypsométrique du Maroc, dans les *Ann. de Géogr.*, 1901, p. 345. Cf. de Segonzac, Rohlfs et Schaudt.

[2] Lenz, p. 441.

[1] Dr R. Jannasch : *Die deutsche Handelsexpedition* 1886. In-8°, Berlin, 1887.

[2] De Foucauld, p. 397.

[3] *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1867, p. 42.

[4] Dr Jannasch, ouvr. cité, p. 86 et suiv.

Cependant les maçons marocains, notamment les Rifains, dont on se sert à Tanger, sont réputés d'excellents travailleurs. L'industrie du bois se sert en général de poutres qui viennent de Norvège. Le bois de l'arganier est si dur que les misérables outils marocains ont beaucoup de peine à le travailler. On se sert de scies, mais on ignore, à ce qu'il semble, le rabot. L'absence de tables et de chaises dans l'ameublement réduit, d'ailleurs, les menuisiers à fabriquer des coffres, des tabourets sur lesquels on place le thé ou le café, des plateaux en bois d'arar. Dans la décoration des maisons les plus riches entrent souvent des bois sculptés et découpés avec goût.

L'industrie du fer et de l'acier utilise presque uniquement des barres de fer importées d'Europe, qui ont 1^m,40 de longueur, 7 centimètres de large et 1 centimètre d'épaisseur; on les débite ensuite en petits morceaux [1]. Le forgeron emploie en général deux apprentis, qui lui servent de souffleurs pendant qu'il travaille le fer placé sur l'enclume; les soufflets ont la particularité d'être non point verticaux, comme chez nous, mais horizontaux; le dispositif en est assez ingénieux. Le forgeron a, en outre, un marteau, beaucoup trop petit, une lime et un compas. Il fabrique des verrous, des fers à cheval, des chaînettes pour les freins des chevaux, des étriers.

[1] Dr Jannasch, p. 102.

Les armuriers du Maroc étaient autrefois célèbres, mais c'est une industrie maintenant réduite à bien peu de chose. Il y avait jadis à Tétouan 200 ateliers; il n'y a plus aujourd'hui que vingt armuriers [1]. L'obligation imposée à cette ville par le Sultan de lui fournir chaque année 30 travailleurs pour la manufacture d'armes à la mode européenne qu'il a fondée à Fez a eu pour résultat de faire abandonner ce métier par les artisans. L'introduction des armes européennes à tir rapide, qui entrent principalement par Melila, a fait le reste. Aujourd'hui, presque tout l'acier qu'on rencontre au Maroc porte la marque de Saint-Etienne, de Solingen ou d'ailleurs. Les lames de poignards et les sabres sont importés d'Europe; on se borne à les orner d'incrustations et à fabriquer les fourreaux (fig. 8). On fait encore dans le Sous quelques longs fusils indigènes, dernier reste de l'industrie métallurgique dans cette région (fig. 7).

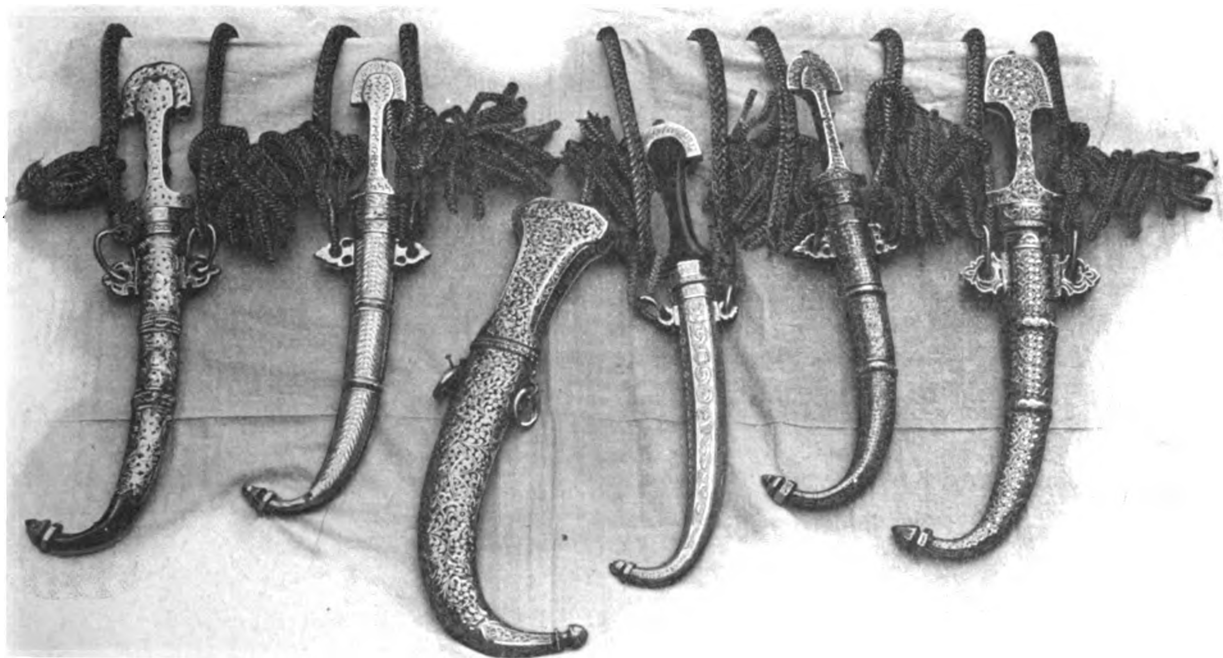


Fig. 8. — *Koumias de différentes formes : au centre et plus bas, un khenjer ou poignard.* (Cliché de M. Doutté.)

De même, les plateaux à thé ornés d'arabesques ciselées et autres objets en laiton ou en cuivre repoussé, qui étaient autrefois une des productions élégantes et originales de l'industrie marocaine, sont maintenant en général fabriqués en Europe, bien qu'on en fasse encore un peu à Mogador; les touristes les achètent dans les bazars de Tanger et les rapportent de confiance comme spécimens de l'art indigène. Les métaux précieux sont encore

[1] *Recueil consulaire belge*, 1899, p. 375.

travaillés au Maroc; les broches, les bagues, les bracelets, les colliers et autres bijoux, fabriqués d'après des modèles anciens, témoignent d'une technique jadis plus développée et d'un goût artistique remarquable.

Avec le palmier-nain, le jonc, l'alfa, on fabrique divers objets de vannerie, nattes, couffins, paniers, plats à couscouss. La filature utilise surtout la laine de mouton, le poil de chameau, et la soie, qui est importée d'Orient. Il n'y a pas de moteurs mécaniques; on se sert de rouets qui ressemblent à ceux qu'on voit en Egypte et dans une grande partie de l'Ancien-Monde, et de fuseaux analogues aux nôtres. Pour le tissage, on a des métiers semblables à nos métiers à main. En dépit du bas prix de la main-d'œuvre, du caractère familial de l'industrie et d'un droit de 10 °/₀ sur les importations étrangères, les produits indigènes ne peuvent soutenir la lutte avec la concurrence européenne, qui importe de plus en plus tous les tissus de coton, de laine et de soie. L'Europe imite les produits indigènes et les supplante rapidement, parce que la marchandise, quoique de moins bonne qualité, est vendue à meilleur marché, ce qui seul importe à l'acheteur indigène. Les beaux et délicats tissus qu'on fabriquait jadis à Fez et à Tétouan deviennent de plus en plus rares. De Foucauld a décrit le vêtement des Marocains et ses variations suivant les régions. Le burnous est peu porté. Dans le nord, les pauvres n'ont, en général, qu'une chemise de laine blanche et une *djellaba* [1], excellent vêtement contre la pluie, le froid et la chaleur; dans le sud, c'est le *khenif* [2]; dans le Sahara, la *kechchaba* de cotonnade indigo (*khent*) importée d'Angleterre [3]. On fabrique encore au Maroc des *haïks*, dont la chaîne est en soie et le reste en laine fine, des *djellaba*, des *flidj*, *tellis* et *tarhalts* (couvertures multicolores). Quant aux tapis, ceux de Rabat étaient célèbres par leur solidité et la beauté des tons; ils sont encore partout répandus au Maroc et on en exporte même un peu en Egypte; en Europe, on leur préfère avec raison les produits du véritable Orient. La substitution des couleurs d'aniline aux couleurs végétales est, d'ailleurs, la ruine de cette industrie; les tapis marocains étaient jadis réputés indestructibles : il suffit aujourd'hui de poser une main humide sur certaines teintes rouges pour les gâter [4].

Les cuirs de Merrakech, de Saffi, du Tafilelt (*maroquins*, *saffian*, *filali*) sont célèbres. Lorsque des ambassadeurs marocains vinrent au XVII[e] siècle demander pour leur maître la main de M[lle] de Blois, fille de Louis XIV et de M[lle] de Lavallière, on convint, dans le traité de commerce qui fut signé, que tous les livres du cabinet du roi seraient reliés en cuir marocain. Les cuirs marocains sont surtout remarquables par leurs franches couleurs rouge et jaune [1]. La première de ces teintes s'obtient avec la cochenille, la seconde avec l'écorce de grenade. De ces cuirs on fait la riche maroquinerie ouvragée et brodée qui consiste en babouches, sacoches, ceintures, selles, harnachements, etc. La *belra*, sorte de pantoufle très large, jaune ou rouge, en cuir de chèvre souple, à semelle mince, sans talon, est la seule chaussure qu'on voie au Maroc [2]; la fabrication de ces pantoufles a encore aujourd'hui une grande importance, et on en exporte une certaine quantité.

L'industrie de la poterie est concentrée à Fez et à Saffi, mais surtout à Fez. Les produits (fig. 9), exclusivement destinés au pays, sont grossiers, mais de formes originales et agréables, revêtus d'un vernis dans lequel domine le bleu. Après que l'argile a été triturée, lavée, pétrie, on tourne les poteries à la main. Le four, très primitif, chauffé à la fois par le haut et par le côté, est décrit en détail par Jannasch [3]. On importe d'Europe une grande quantité de porcelaine et de petits verres pour boire le thé, car il n'existe pas de verreries au Maroc.

En somme, les armes, les tissus, les vêtements, les broderies, les cuirs, la poterie, l'orfèvrerie, le tout approprié exclusivement aux goûts et aux usages du pays, forment à peu près le cercle dans lequel se renferme depuis des siècles l'industrie marocaine [4]. Fez et Rabat, et, à un moindre degré, Merrakech, Saffi et Tétouan, sont les principales villes industrielles, chacune ayant d'ailleurs sa spécialité : à Fez, les plus beaux tissus de laine et de soie, les broderies sur velours, les maroquins ouvragés, l'orfèvrerie la plus fine, la poterie; à Merrakech et à Tétouan les cuirs, les métiers à laine, les armes; à Rabat et à Saffi, les tapis, les couvertures, les tissus grossiers et les nattes. Mais, de plus en plus, on fabrique en Europe des produits marocains qui sont revendus comme provenant du pays même; l'industrie marocaine est entrée dans une décadence profonde et qui paraît irrémédiable : « Avec toutes ces machines, que ferons-nous désormais de nos pauvres vieilles femmes? », s'écriait un caïd marocain. Jannasch, en 1886, s'élevait [5] contre la politique purement mercantile de l'Angleterre, qui, pour écouler les coton-

[1] De Foucauld, p. 11 et 23.
[2] Id., p. 81.
[3] Id., p. 122.
[4] Lenz, t. I, p. 224.

[1] Decugis : Relation d'un voyage dans l'intérieur du Maroc, dans le *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1878, p. 269.
[2] De Foucauld, p. 11 note.
[3] D[r] Jannasch, ouvr. cité, p. 99.
[4] Beaumier : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1867, p. 39.
[5] Jannasch, art. cité, p. 86.

nades de Manchester, et sous prétexte de « libre jeu des forces économiques », détruit l'ordre social et l'activité industrielle chez les peuples faibles. Aucune guerre, aucune révolution, aucune peste, s'écriait-il, n'est plus destructrice pour un pays que cette politique anglaise des intérêts purement matériels. Et il espérait que l'Allemagne s'attacherait à développer les forces économiques du pays même, non à les détruire. Il ne semble pas que ce vœu se soit réalisé. Peut-être est-ce plutôt à la France, pays médiocrement industriel, qu'il appartient d'accomplir cette tâche et de poursuivre au Maroc cette politique de conservation et d'utilisation des aptitudes indigènes dont parlait Jannasch.

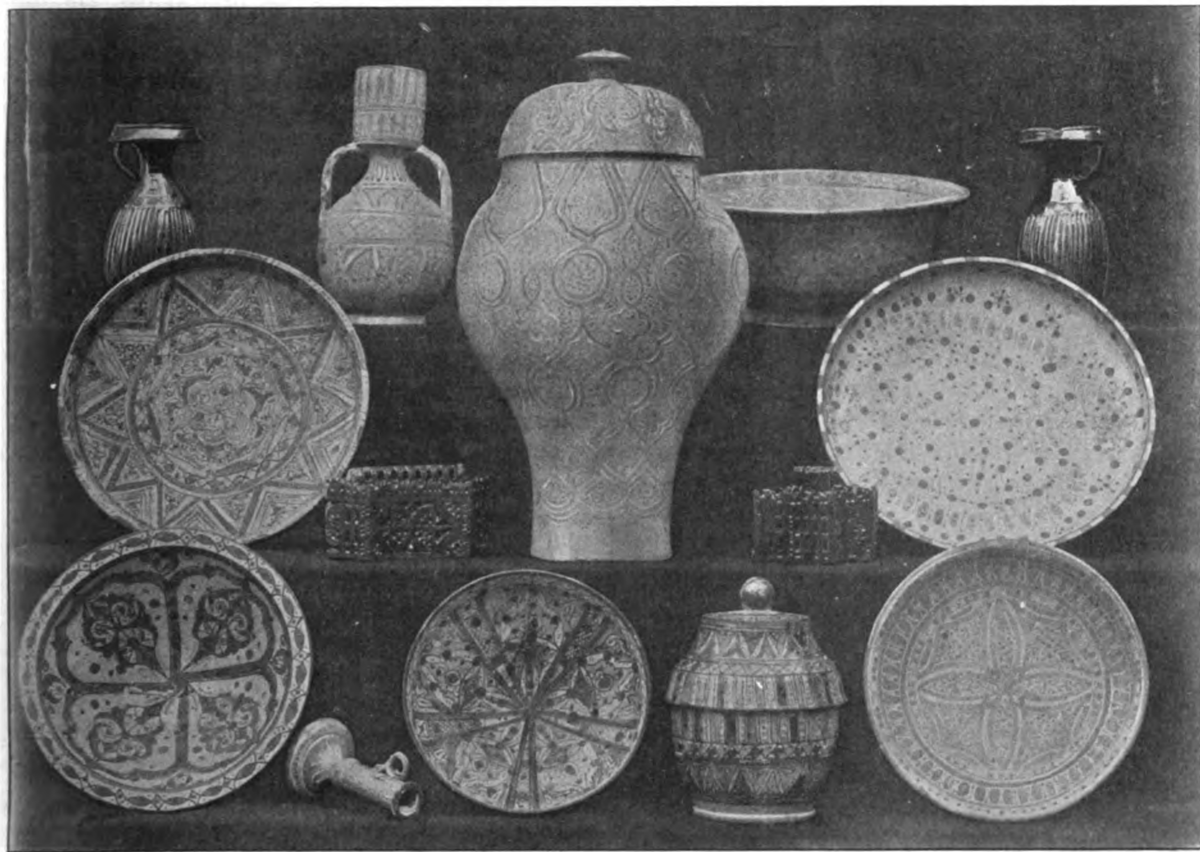


Fig. 9. — *Poteries de Fez.* (Cliché de M. Gsell.)

Quant à l'industrie européenne au Maroc même, elle se réduit, comme l'agriculture, à presque rien. Sauf deux ou trois articles de peu d'importance, comme la fabrication du savon, de l'eau gazeuse, des carreaux de faïence, des briques, il n'y a rien à faire actuellement[1]. Il existe à Casablanca une scierie mécanique, un moulin, une fabrique d'eau gazeuse, une installation sommaire pour la fabrication du savon mou, une pour fondre la cire. A Tanger, le seul point européanisé du Maroc, des sociétés espagnoles ont installé le téléphone et la lumière électrique. Un industriel français, M. Gautsch, y possède une fabrique de carreaux, une poterie, une briqueterie, un four à chaux.

Dans un prochain article, nous examinerons l'état du commerce intérieur et extérieur du Maroc.

Augustin Bernard,
Chargé du cours de Géographie
et Colonisation de l'Afrique du Nord
à la Faculté des Lettres de Paris.

[1] *Recueil consulaire belge*, 1899, p. 375.

REVUE ANNUELLE DE PHYSIQUE

DEUXIÈME PARTIE : LES RÉGIONS CLASSIQUES DE LA PHYSIQUE [1]

Pendant que de nombreux physiciens explorent les régions les plus récemment découvertes, d'autres portent leurs efforts dans des domaines plus anciennement exploités, mais où un labeur habilement dirigé permet de recueillir encore une précieuse moisson. C'est à un rapide examen des progrès accomplis dans les chapitres classiques de l'Optique, de l'Électricité, de la Physique mécanique et moléculaire, de la Chaleur et de la Statique des fluides que nous consacrerons ce second article.

Il convient, cependant, de bien observer que la ligne de démarcation établie entre les deux parties de cette revue a un caractère tout à fait artificiel; on ne saurait, en la traçant, avoir d'autre prétention que de permettre au lecteur de se reconnaître au milieu de richesses trop abondantes : en réalité, les affinités les plus étroites existent entre des phénomènes que l'on séparait autrefois par d'infranchissables barrières; à la lumière des idées nouvelles, bien des questions, étudiées depuis longtemps déjà et qui passaient pour être complètement élucidées, apparaissent sous un jour différent de celui où on les envisageait naguère; chaque découverte faite dans la science de la Nature retentit profondément jusque dans les contrées les plus éloignées. Nous aurons plusieurs fois occasion de signaler l'influence qu'exercent sur des travaux, au premier abord tout à fait indépendants, les résultats des recherches que nous avons antérieurement exposées; nous retrouverons, en particulier, en divers endroits, ces hypothèses cinétiques et atomiques qui jouaient un si grand rôle dans les chapitres précédents.

I. — Optique.

Quelle que soit la théorie adoptée pour l'Optique, théorie élastique ou théorie électrique, les phénomènes, du moins ceux qui se produisent dans un milieu diélectrique non magnétique, seront représentés par les mêmes équations, et la plupart des faits primordiaux, établis depuis tantôt un siècle à la suite des admirables travaux de Fresnel, resteront inébranlablement assis. Mais, grâce aux progrès réalisés dans les procédés d'observation, divers points très importants, jadis laissés de côté comme inabordables par l'expérience, sont aujourd'hui l'objet de recherches intéressantes.

La détermination des constantes fondamentales peut être reprise avec l'espoir légitime d'arriver à une précison qui aurait paru, il y a quelques années, absolument impossible à obtenir M. Michelson a commencé des essais sur une nouvelle méthode de mesure de la vitesse de la lumière. Cette méthode est une combinaison du principe de la roue dentée de Fizeau et de celui du miroir tournant de Foucault; la roue dentée sera, d'ailleurs, remplacée par un réseau où les traits et les espaces qui les séparent feront l'office des pleins et des vides, la lumière réfléchie n'étant renvoyée que lorsqu'elle tombera dans l'intervalle entre deux traits. L'illustre physicien américain estime qu'il pourra évaluer à 5 kilomètres près le chemin parcouru par la lumière en une seconde. Cette approximation correspondrait à une erreur relative de quelques cent millièmes; elle dépasserait de beaucoup celle qu'ont atteinte les meilleurs expérimentateurs; mais l'habileté de l'auteur justifie son espoir. Dans une belle série d'expériences poursuivies pendant plus d'une année, M. Perrotin est arrivé récemment à un résultat plus modeste, mais déjà très satisfaisant. Il utilise la méthode de Fizeau, avec tous les perfectionnements indiqués par Cornu, entre deux stations, situées, l'une à l'Observatoire de Nice, l'autre au mont Vinaigre, c'est-à-dire à une distance de 46 kilomètres, distance très notablement supérieure à celles que l'on avait pu employer jusqu'ici. Toutes corrections faites, M. Perrotin donne comme valeur définitive 299.860 km. à la seconde, avec une erreur probable de 100 km. au plus.

L'importance de ces déterminations est très grande, en particulier pour l'Astronomie de position; cette science, tout comme l'Astronomie physique, profite des progrès réalisés en Physique pure. Elle pourra avantageusement se servir des perfectionnements apportés aux instruments d'optique, entre autres des travaux de M. Lippmann, qui s'est beaucoup occupé depuis quelque temps de questions de ce genre et qui a indiqué d'intéressants dispositifs pour les observations astronomiques.

La connaissance exacte de certaines conséquences de l'Optique géométrique peut rendre grand service à l'Art lui-même. Bien des dessinateurs gagneraient certainement à connaître, par exemple, les fines remarques que M. Colardeau a déduites de curieuses expériences sur la photographie spectroscopique à courte distance.

Les phénomènes d'interférences, qui, les années précédentes, avaient, tant au point de vue de l'examen des conditions exactes où ils se produisent qu'au point de vue de leurs applica-

[1] Voir la première partie dans la *Revue* du 15 janvier, p. 28.

tions métrologiques, été l'objet de remarquables recherches, ont fourni, cette année encore, des résultats dignes d'être retenus. M. Zeeman a publié une expérience permettant, à l'aide de franges de polarisation chromatique, de mettre en évidence ce fait, déjà indiqué par M. Gouy, qu'il se produit une avance d'une demi-longueur d'onde quand une onde traverse un foyer. M. Macé de Lépinay a étudié les apparences singulières, signalées autrefois par Jamin, des franges des lames minces au voisinage de la réflexion totale; il montre qu'il suffit, pour obtenir une localisation parfaite dans la lame mince, que l'angle d'incidence ait une valeur unique et bien déterminée; on obtient alors des anneaux parfaitement nets. Le même physicien a continué, d'autre part, les belles études sur la mesure des épaisseurs au moyen des franges de Talbot, qu'il poursuit en vue d'une nouvelle détermination du kilogramme; il a indiqué un dispositif qui permet de supprimer la détermination de tout indice de réfraction. Signalons aussi le nouveau réfractomètre interférentiel de M. Sagnac, qui présente, en certains cas, des avantages marqués sur l'appareil classique de Michelson.

M. Cotton, qui a eu l'idée de fabriquer des réseaux par la photographie de franges d'interférences en utilisant particulièrement les ondes stationnaires, a été conduit à examiner de plus près la théorie de ces ondes et à expérimenter les procédés qui permettent de les étudier directement ou à l'aide de la photographie; et cet examen a fourni à l'ingénieux physicien de très remarquables résultats. Si l'on fait arriver un faisceau parallèle et monochromatique sur un miroir sous une incidence quelconque, on peut, à l'aide d'un microscope convenablement disposé, voir les franges et constater qu'elles se produisent bien dans les conditions prévues par la théorie; elles deviennent beaucoup plus nettes si la lumière incidente est polarisée de façon que le plan de polarisation comprenne le plan d'incidence. Le cas de l'incidence à 45° est particulièrement intéressant, parce que les ondes stationnaires qui se produisent alors sont celles que M. Wiener a réussi à fixer dans sa célèbre expérience sur l'interférence de deux faisceaux polarisés dirigés à angle droit.

Si le faisceau éclairant n'est plus parallèle, mais convergent, les difficultés expérimentales deviennent très nombreuses. M. Cotton signale, en particulier, un fait qui ne laisse pas que de compliquer les choses : un plan métallique n'est pas, en toute rigueur, aplanétique pour des rayons qui proviennent d'une source ponctuelle à distance finie.

On se rappelle les intéressantes discussions auxquelles avait donné lieu l'expérience de M. Wiener; il avait tout d'abord semblé que cette expérience était bien l'*experimentum crucis* cherché depuis longtemps, situé au point de croisement de deux théories, et qui tranchait définitivement la question, si longtemps débattue, de la direction de la vibration par rapport au plan de polarisation; les résultats de M. Wiener étaient conformes à l'idée de Fresnel : la vibration était perpendiculaire au plan de polarisation. M. H. Poincaré a fait, on le sait, observer qu'en réalité, après l'expérience de Wiener comme avant, le choix que l'on doit faire relativement à l'orientation de la vibration change suivant la définition que l'on admet pour l'intensité lumineuse; il n'est pas évident que l'impression photographique résulte de la force vive du mouvement vibratoire de l'éther. M. Cotton démontre à son tour qu'on ne saurait, même avec des ondes sphériques, arriver à déterminer duquel des deux vecteurs, que l'on a à envisager dans toutes les théories de la lumière au sujet des phénomènes de polarisation, dépend l'intensité lumineuse. Aussi bien, la question ne se pose plus pour les physiciens qui admettent que les vibrations lumineuses sont des oscillations électriques; quelle que soit alors l'hypothèse faite, que ce soit la force électrique ou, au contraire, la force magnétique que l'on place dans le plan de polarisation, le mode de propagation prévu sera toujours d'accord avec les faits observés.

Pour photographier les franges de M. Wiener, M. Cotton emploie, comme l'avait déjà indiqué M. Izarn, la gélatine bi-chromatée, mais avec une petite modification. On peut observer que l'action de la lumière sur la gélatine, action semblable, d'ailleurs, à celle qui se produit quand on révèle une image daguérienne où l'on voit de très petites gouttelettes se condenser aux endroits éclairés, parait présenter de curieuses analogies avec les phénomènes de condensation que provoqueraient des ions libérés sous l'influence de certaines radiations. La théorie de l'ionisation est, sans doute, appelée à jouer, quelque jour, un grand rôle dans les théories de l'action photographique.

Un résultat pratique important des remarques et des expériences de M. Cotton est que, dans l'application de la méthode interférentielle à la photographie des couleurs découverte par M. Lippmann, si l'on veut obtenir un grand nombre de lamelles et augmenter la pureté de la teinte obtenue, il ne faut pas employer des objectifs trop ouverts.

Les radiations complexes qui constituent la lumière blanche sont-elles liées entre elles de façon à pouvoir interférer et donner des battements; sont-elles, au contraire, indépendantes les unes des autres et incapables d'interférer comme si elles provenaient de sources différentes? Une théorie de M. Gouy conduit à adopter le premier point de vue; mais l'expérience ne s'est pas encore prononcée

sur cette question, dont l'intérêt théorique est considérable. M. Corbino a imaginé un dispositif expérimental qui permettra, sans doute, de résoudre le problème; mais les résultats ne sont pas encore suffisamment probants.

L'application des méthodes interférentielles aux mesures de longueur rend des services de plus en plus considérables; aussi est-il très désirable que l'on possède une table absolument correcte des longueurs d'onde. Celle qu'a dressée Rowland constitue un ensemble des plus remarquables, le meilleur que l'on possède; mais on sait que, pour les raies du cadmium, il existe des divergences assez notables entre les nombres de Rowland et ceux qui résultent des mémorables expériences de MM. Benoit et Michelson. Au moyen de leur méthode des franges de superposition, MM. Pérot et Fabry[1] ont comparé un grand nombre de raies caractéristiques, prises dans le spectre de la lumière émanée de la partie centrale du disque du Soleil, à la principale raie verte du cadmium; ces expériences permettent de rectifier désormais les nombres donnés par Rowland, au moins pour le spectre solaire visible.

De nombreuses questions encore en suspens, relatives à la transmission et à l'émission de la lumière, continuent à donner lieu à d'intéressants travaux. MM. Hagen et Rubens ont étudié le pouvoir réflecteur de quelques métaux pour les diverses radiations, depuis les infra-rouges jusqu'aux ultra-violettes; dans le spectre visible, pour obtenir la valeur de ce pouvoir, ils comparent l'éclat d'une bande de platine, portée à l'incandescence par un courant, à l'éclat de l'image réelle de cette bande ayant la même grandeur et projetée par un miroir concave de la substance à étudier. Dans les autres régions, ils mesurent l'intensité calorifique à l'aide d'une pile thermo-électrique. Comme source calorifique, ils emploient: dans l'infra-rouge, un corps incandescent semblable à celui des lampes de Nernst; dans l'ultra-violet, le cratère positif de l'arc. Dans le spectre de cette dernière source, ils ont, en effet, découvert de nouvelles bandes suffisamment intenses pour impressionner la pile et qui correspondent à des longueurs d'onde de l'ordre de 0 μ 300 à 0 μ 250; pour tous les métaux étudiés, sauf pour l'or et pour l'argent, le pouvoir réflecteur croît constamment avec la longueur d'onde. Pour l'argent, ce pouvoir devient plus petit que celui du verre pour 0 μ 316; ce phénomène correspond évidemment à l'accroissement considérable de transparence découvert par M. de Chardonnet; il est localisé dans une bande très étroite. Parmi les alliages étudiés, il convient de signaler le magnalium de Mach, qui présente la curieuse propriété de réfléchir d'une façon sensiblement constante toutes les radiations du spectre visible et du spectre infra-rouge et même celles de l'ultra-violet.

[1] Voir à ce sujet la savante discussion de ces expériences faites par M. Ch.-Ed. Guillaume, *Revue gén. des Sciences*, 1902, p. 406.

MM. Hagen et Rubens ont aussi, dans une autre série de recherches, formant le complément naturel de la première, déterminé l'absorption des métaux; ils mesurent ce qu'ils appellent la constante d'absorption, c'est-à-dire l'inverse du chemin, mesuré en microns, que doivent parcourir les diverses radiations pour être réduites au dixième de leur intensité initiale : les expériences ont été réalisées avec des couches minces de platine, d'or ou d'argent, déposées à la surface de plaques de quartz par l'émission cathodique; l'épaisseur de ces couches est déterminée par des pesées ou bien encore par des procédés optiques. On trouve, comme on devait s'y attendre d'après les résultats précédents, un minimum très accentué de la valeur de la constante relative à l'argent pour l'ultra-violet correspondant à une longueur d'onde de 0 μ 320 environ; un minimum accentué existe pour l'or dans la région verte du spectre visible.

Parmi les substances intéressantes à cause de leurs propriétés spéciales, le sélénium joue, on le sait, un rôle tout à fait à part; M. Wood a, par la méthode spectrophotométrique, étudié l'absorption de ce corps, espérant sans doute arriver par là à des données qui pourraient contribuer à élucider le mécanisme de l'action électrique que la lumière exerce sur lui; mais les résultats n'offrent rien de bien particulier : l'absorption croît assez régulièrement du rouge au violet, et il n'existe pas, dans ce cas, de rayons restants.

Le même physicien a, dans d'autres expériences, découvert une dispersion anomale de la vapeur de sodium au voisinage des raies D_1 et D_2, incomparablement plus considérable que celle que l'on avait constatée jusqu'ici et qu'a si bien étudiée M. Becquerel. On chauffe un globule de sodium sous un courant lent d'hydrogène dans un tube de verre fermé par deux lames planes; la vapeur se comporte comme un prisme à arête horizontale; après avoir traversé cette sorte de prisme, la lumière tombe sur un réseau de Rowland à traits verticaux. On observe alors un fait curieux : au centre du spectre apparaît, sans déviation, le violet extrême, puis le bleu, séparé parfois du violet par une fine raie noire, ensuite une large bande noire, enfin la succession des couleurs du bleu vert au jaune; la partie rouge et orangée est, de l'autre côté, séparée du centre par une large bande sombre. Quand on chauffe, presque tout le spectre disparaît, à l'exception du bleu.

Au point de vue de la dispersion, une substance

ne peut passer pour bien connue que si l'on a déterminé ses vibrations propres, c'est-à-dire celles que la substance absorbe et réfléchit à la façon des métaux ; si pareille étude était complètement faite pour un grand nombre de substances, on pourrait sans doute, par la comparaison des corps qui possèdent des éléments communs, arriver à déterminer l'origine de ces vibrations propres. C'est dans l'espérance de se rapprocher de ce but éloigné, sinon de l'atteindre, que M. Martens a entrepris une longue série de mesures de dispersion, dont les résultats, qui ne sont que partiellement publiés, promettent d'être particulièrement intéressants.

Divers physiciens se sont occupés de la question de l'émission. M. Porter a publié un mémoire important sur la fonction d'émission d'un corps radiant ; MM. Lummer et Kurlbaum ont étudié de nouveau l'émission du corps noir. M. Nichols a effectué des mesures sur les radiations visibles du carbone : il place des baguettes de charbon dans une cuve où l'on a fait le vide et il les chauffe par un courant électrique ; la température est déterminée au moyen d'un couple thermo-électrique, les radiations le sont à l'aide d'un spectrophotomètre ; un peu au-dessus de 100°, on rencontre une anomalie curieuse : l'énergie des radiations jaunes prend, par rapport à toutes les autres radiations, un accroissement disproportionné ; mais, dans leur ensemble, les résultats paraissent bien confirmer la formule d'émission donnée par MM. Lummer et Pringsheim. M. Klucker, dans des recherches analogues, trouve également un maximum de radiations correspondant à 0 μ,650 environ ; ce fait est à rapprocher de cette remarque que des lames minces de charbon présentent un maximum d'absorption pour la même longueur d'onde. M. Herbert montre que les deux lignes principales que l'on observe dans le spectre du carbone n'ont pas la même origine, comme l'avait autrefois, d'ailleurs, observé M. Huggins ; il semble que la ligne rouge est due à un composé qui serait détruit par l'hydrogène.

M. Trowbridge étudie le spectre des étincelles qui éclatent dans les gaz à des pressions voisines de 1 millimètre, mais il se place dans des conditions peu communes : il utilise une batterie de 20.000 accumulateurs et il peut ainsi obtenir des décharges de grandes quantités ; quelle que soit la nature des électrodes, on obtient alors toujours le spectre de la vapeur d'eau dissociée ; la lumière est si brillante que l'auteur la compare à la lumière du soleil. Le spectre photographié est formé de lignes brillantes sur un fond continu ; le très grand éclat du spectre de la vapeur d'eau dissociée masque tous les spectres métalliques ; d'autre part, des renversements photo-chimiques produisent dans le spectre photographié des lignes sombres qui n'existent pas dans la réalité objective ; ce sont là des apparences qui doivent rendre très prudents les astronomes qui tirent parfois des conclusions un peu hâtives de l'examen des spectres des étoiles obtenus par voie photographique.

L'Optique cristalline, un peu délaissée aujourd'hui, peut cependant encore fournir des sujets de recherches bien intéressants. M. Voigt a publié un mémoire mathématique important sur les propriétés des cristaux pléochroïques dans les directions voisines des axes optiques. M. Dufet a fait voir que, dans les sulfates de néodyme et de praséodyme, il se produit un phénomène qui n'avait pas encore été observé jusqu'ici : une dispersion anormale des axes d'élasticité optique.

Une conséquence très remarquable de la théorie de Maxwell est que des ondes lumineuses tombant sur une surface doivent exercer sur cette surface une pression égale à l'énergie radiante qui existe dans l'unité de volume de l'espace environnant. M. Lebedev a, il y a quelques années, fait tomber un faisceau issu d'une lampe à arc sur un radiomètre à déflection ; il a mis ainsi en évidence cette pression et il a montré que la répulsion produite pouvait, dans le cas de matières peu denses et très divisées, réduire et même changer en répulsion l'action attractive exercée par le Soleil sur les corps ; c'est là un fait deviné autrefois par Faye, et qui doit certainement jouer un grand rôle dans la déformation des têtes des comètes. MM. Nichols et Huls ont entrepris récemment des expériences sur ce sujet ; ils mesurent non seulement la pression, mais encore l'énergie de la radiation à l'aide d'un bolomètre spécial ; ils arrivent à des résultats qui sont entièrement conformes aux calculs de Maxwell.

En dehors des nombreux travaux auxquels nous avons consacré la première partie de cette revue et qui sont relatifs aux questions principales qui se posent aux physiciens qui étudient les relations entre l'Électricité et l'Optique, nous devons encore signaler ici de remarquables recherches sur des phénomènes magnéto-optiques.

M. Zeeman a publié d'importantes observations sur la rotation magnétique du plan de polarisation dans une bande d'absorption. Il déduit l'angle de rotation du plan de polarisation, pour différentes longueurs d'ondes, de la déformation que subissent les franges d'interférences produites dans le spectre au moyen d'un prisme de Fresnel au voisinage des bandes d'absorption, sous l'influence du champ magnétique sur la vapeur de sodium. Les phénomènes observés fournissent, dans leur ensemble, une vérification satisfaisante de la théorie de Voigt, qui exige qu'à l'intérieur de la bande il existe une rotation négative. Toutefois, pour des densités très

grandes de la vapeur de sodium, l'auteur observe, comme M. Corbino l'a remarqué de son côté, un déplacement du milieu de la frange d'interférence correspondant à une petite rotation positive : il serait, sans doute, et tel est bien l'avis de M. Zeeman, prématuré de chercher une interprétation de ce phénomène avant qu'il ait été l'objet d'observations plus complètes.

M. Camman a vérifié l'exactitude des lois de Wind, relatives à la réflexion de la lumière sur un miroir de fer aimanté perpendiculairement au plan d'incidence. Si la lumière est polarisée dans le plan d'incidence, l'aimant n'exerce aucune action sur la réflexion; si elle est, au contraire, polarisée perpendiculairement, la phase et l'amplitude du rayon réfléchi sont alors modifiées.

M. Majorano a observé un phénomène qui vient s'ajouter à d'autres que l'on connaissait déjà et dont l'importance est très grande pour les théories relatives au passage de l'état liquide à l'état solide; ces phénomènes tendent à faire considérer, en certains cas, un liquide comme un corps cristallisé. M. Majorano met en évidence l'existence de la biréfringence magnétique dans les solutions de chlorure ferreux et dans le fer dialysé; le phénomène est proportionnel à l'épaisseur traversée, évaluée normalement aux lignes de forces, à la concentration du liquide, au carré du champ et à l'inverse du carré de la longueur d'onde. D'autre part, M. Majorano observe que les liquides actifs se comportent dans un champ comme les cristaux uniaxes doués de dichroïsme : l'onde la plus lente est celle qui est le plus absorbée.

II. — Magnétisme et Électricité.

Ce n'est pas seulement relativement aux influences exercées par le magnétisme sur la lumière que nos connaissances se précisent chaque jour; elles s'enrichissent également de données précieuses sur d'autres propriétés du magnétisme.

M. Maurain[1], qui avait antérieurement étudié l'aimantation que prennent les dépôts électrolytiques de fer obtenus dans un champ magnétique et les propriétés de ces dépôts, a constaté que lorsqu'ils s'effectuent sur une électrode de fer préalablement aimantée, celle-ci exerce, sur les couches qui se déposent, une action telle que ces couches prennent une forte aimantation de même sens que celle de l'électrode. En dehors d'une étude très soignée de cette action moléculaire, M. Maurain a effectué une très intéressante série de recherches sur les propriétés magnétiques des lames très minces de fer et de nickel; il montre, en particulier, que l'intensité d'aimantation relative aux couches superficielles est plus faible que l'intensité d'aimantation normale : pour les couches de passage, dont l'existence est ainsi mise en évidence, l'épaisseur dépend de la nature et de l'état des corps étudiés; suivant celle des propriétés physiques qu'on utilise pour la déterminer, l'épaisseur d'une couche de passage semble n'être pas la même. On devra tenir compte de ce fait important qui résulte bien des expériences de M. Maurain dans toutes les hypothèses que l'on imaginera sur la constitution des corps.

On sait, depuis longtemps, que des chocs modifient le magnétisme d'un aimant, mais les renseignements numériques sur ce sujet faisaient défaut; M. Ascoli a obtenu des résultats précis en faisant parcourir à un corps magnétique un cycle d'aimantation bien déterminé et en le soumettant, en un point de ce cycle, à un choc évalué exactement: on mesure alors la variation produite dans des conditions parfaitement connues. La conclusion de ces expériences est qu'il est toujours possible d'obtenir un magnétisme permanent de stabilité absolue, mais on n'arrive à cette stabilité qu'aux dépens de l'intensité d'aimantation. La perte, assez grande avec le fer, est très petite avec l'acier, principalement s'il est trempé.

Si des actions mécaniques font changer les propriétés magnétiques, réciproquement le magnétisme altère les propriétés mécaniques des corps; ainsi, par exemple, l'aimantation produit des variations dans les propriétés élastiques ou des changements de dimension : ce sont les phénomènes dits de magnéto-striction. MM. Nagaoka et Honda ont étudié très soigneusement ces phénomènes dans le cas si intéressant des aciers-nickel, où M. Ch.-Ed. Guillaume, dans un travail désormais classique, avait antérieurement découvert de remarquables propriétés. MM. Nagaoka et Honda montrent que le caractère de la magnéto-striction existe dans ces corps comme dans les corps ferro-magnétiques. La seule différence consiste dans l'amplitude et dans l'allure des changements. D'autre part, MM. Nagaoka et Schimizu ont fait voir que les variations de longueur produites par l'aimantation des fils d'acier-nickel sous tension diminuent à mesure que la charge augmente; lorsque l'on opère avec des charges telles que l'on approche de la limite d'élasticité, on observe une contraction dans les champs faibles et un allongement dans les champs intenses. M. Ch.-Ed. Guillaume a fait de ces diverses expériences une critique très serrée; il montre que, malgré la petitesse des effets observés, les conclusions sont tout à fait certaines et il en tire des conséquences importantes pour la théorie de ces alliages. Cette question a, d'ailleurs, dans ces

[1] Voir l'article publié par M. Maurain dans la *Revue gén. des Sciences*, 1901, p. 1059.

derniers temps, été l'objet de travaux remarquables de la part de MM. Dumas, Osmond, Le Chatelier, sur lesquels nous n'insisterons pas ici, parce que les lecteurs de la *Revue* ont souvent été mis au courant du sujet.

Lorsqu'on plonge dans un électrolyte susceptible de les attaquer deux barreaux d'une substance magnétique et qu'on soumet l'un d'eux à l'action d'un champ magnétique, le système fonctionne comme une pile dont la force électro-motrice est dite force électro-motrice d'aimantation. M. Janet et M. Duhem ont montré théoriquement, autrefois, qu'un corps paramagnétique aimanté est positif par rapport au même corps non aimanté et qu'un corps diamagnétique se comporte en sens inverse. M. Paillot a repris l'étude expérimentale de cette question en s'entourant des précautions que M. Hurmuzescu avait précédemment indiquées ; il a pu ainsi compléter, pour de grands changements dans la valeur du champ ou de la température, les résultats que l'on connaissait déjà grâce à M. Hurmuzescu et vérifier les prévisions de la théorie.

A côté de travaux de ce genre, qui touchent d'une part aux phénomènes magnétiques, et de l'autre aux phénomènes de l'électrolyse, nous pouvons placer les recherches relatives aux électrolytes, qui continuent à être très abondantes et fructueuses.

M. Leduc a poursuivi les mesures de précision qu'il a entreprises sur l'électrolyse de l'azotate d'argent en vue de la détermination de l'équivalent électrochimique de ce métal; il montre que la masse d'argent déposée par un courant sur la cathode dépend de la neutralité et de la concentration de la liqueur, de la température, et aussi de la densité anodique et cathodique du courant, et il étudie l'influence de toutes ces causes variées. M. Berthelot a publié de nombreuses expériences relatives à la détermination de la limite de l'intensité du courant qui est capable, dans des circonstances diverses, de donner un débit électrolytique.

M. Eversheim a mesuré la conductibilité de l'acide sulfureux liquéfié contenant en dissolution des sels tels que du chlorure ou du bromure de sodium ; il constate que la conductibilité diminue très rapidement, mais sans présenter de discontinuité, lorsqu'on s'approche du point critique. M. Hagenbach arrive à des résultats analogues relativement aux dissolutions d'iodure de sodium dans l'acide sulfureux; mais, d'après ce physicien, immédiatement au-dessus du point critique la vapeur aurait encore une conductibilité appréciable et de même nature que la conductibilité électrolytique. M. Kunz a fait des mesures de conductibilité aux basses températures : la résistance des électrolytes semble tendre vers l'infini quand la température tend vers le zéro absolu ; ce serait, semble-t-il, non pas à une diminution de la dissociation électrolytique, mais à un accroissement de la viscosité du milieu que serait due l'augmentation de résistance. M. Guinchant étudie la résistibilité du sulfure de plomb à diverses températures et montre, comme M. Van Aubel le fait d'autre part, qu'elle diminue quand la température s'abaisse.

Les phénomènes électro-capillaires, intimement liés aux phénomènes électrolytiques, ont un grand intérêt parce qu'ils peuvent fournir de précieux renseignements sur les propriétés moléculaires des corps. M. Gouy a continué la belle série de recherches qu'il a entreprises en examinant divers électrolytes, par exemple les bases organiques, à ce point de vue. M. P. Boley a utilisé ce même phénomène, d'après une méthode qui a fait l'objet de nombreuses discussions, mais qui, aujourd'hui, est bien connue, celle du maximum de la constante capillaire, pour déterminer les forces électromotrices de contact; il a également, en étudiant des piles formées d'amalgames, mesuré les forces électromotrices au contact de métaux; ses résultats sont bien d'accord avec ceux des physiciens allemands qui attribuent à ces dernières des valeurs de l'ordre du millivolt.

Nous avons, dans la première partie de cette revue, étudié spécialement les travaux relatifs aux phénomènes qui se produisent dans la décharge électrique à travers les gaz; au point de vue logique, certains de ces travaux devraient être rappelés à côté de ceux qui sont relatifs à l'électrolyse pure; nous n'y reviendrons point cependant, mais nous signalerons ici un mémoire de MM. Chapman et Lidbury consacré à l'étude de la décomposition de la vapeur d'eau. D'après ces physiciens, l'hydrogène se rassemblerait aux deux électrodes, tandis que l'oxygène apparaîtrait toujours au milieu de l'espace où jaillissent les étincelles. Le phénomène singulier ainsi observé ne serait peut-être pas, d'ailleurs, d'origine électrolytique et l'on pourrait, en entrant dans les détails, y voir l'analogue de l'action produite par le tube chaud et froid de Deville.

On sait que le filament de la lampe de Nernst est formé de divers oxydes en solution les uns dans les autres et que le mécanisme de la conductibilité de ce filament ressemble, par beaucoup de points, à celui par lequel un électrolyte conduit le courant; par exemple, la résistance diminue quand la température augmente; mais, si l'analogie est absolument complète, on doit s'attendre, puisque la lampe est parcourue par des quantités d'électricité très notables, à observer, au bout de peu de temps, des réductions extrêmement considérables. Or, il n'en est rien, et cette circonstance, très heureuse d'ailleurs pour la durée de la vie de la lampe, ne laissait pas que de rendre assez obscurs les phénomènes qui s'y produisent. M. Bose vient

de publier, à ce sujet, un travail intéressant et qui semble bien trancher la question; le filament est bien un électrolyte, mais le métal réduit à la cathode est rapidement réoxydé par l'oxygène qui se dégage à l'anode et qui se diffuse à travers le filament: l'air intervient, d'ailleurs, pour produire une oxydation de même genre : on se trouve en présence d'une électrolyse où existe un excellent dépolarisant.

Un autre cas d'électrolyse, en apparence assez singulier et qui est étudié depuis quelques années à cause des applications qu'il peut avoir au redressement des courants alternatifs, est celui des électrolyses où l'une des électrodes est en aluminium; on sait que, si l'électrolyte est, par exemple, de l'acide sulfurique, le courant ne passe pas si c'est l'anode qui est en aluminium, passe au contraire facilement si c'est la cathode. MM. Taylor et Inglin ont examiné avec beaucoup de soin ce phénomène; ils montrent qu'il est dû à l'imperméabilité d'une pellicule d'hydrate d'aluminium qui se forme autour de l'anode pour les ions SO^4 et Al; la présence d'autres ions, que l'on obtient par l'introduction de sels, permet le passage du courant: cette interprétation est, d'ailleurs, bien confirmée par ce fait que l'on peut observer toutes les particularités que l'on obtient avec une anode d'aluminium en se servant d'une anode de platine préalablement recouverte d'une pellicule d'hydrate d'aluminium. MM. Campetti et Berti ont remarqué qu'en employant une anode en magnésium et un électrolyte capable de dégager de l'oxygène à l'anode, on constate des phénomènes analogues à ceux que présente l'anode d'aluminium, et de même avec le bismuth et le cadmium; en général, les électrolytes à employer sont les sels d'ammoniaque.

Le phénomène de la conductibilité métallique, beaucoup plus simple que celui de la conductibilité électrolytique, donne encore lieu cependant à des remarques fort intéressantes : M. Barret a étudié la résistivité de certains alliages de fer; il observe ce fait remarquable que l'addition au fer d'un élément qui peut être lui-même plus conducteur que le fer rend ce fer plus résistant; ainsi, l'aluminium pur est trois fois plus conducteur que le fer, et cependant un alliage de fer et d'aluminium renfermant quatre-vingt-quinze parties de fer et cinq d'aluminium est cinq fois plus résistant que du fer pur. L'augmentation de résistivité produite par un métal est, en général, d'autant plus grande que le poids atomique de ce métal est plus faible. M. Barret signale aussi des changements analogues dans la valeur de la perméabilité magnétique : un alliage renfermant de l'aluminium et contenant, par suite, des éléments non magnétiques peut présenter une perméabilité plus grande que le fer, au moins pour de faibles valeurs du champ; il peut, cependant, se faire que ce phénomène soit dû à une réduction par l'aluminium des oxydes que renferme encore le fer sur lequel on opérait.

Les forces électromotrices d'origine thermo-électrique ne sont plus guère employées pour produire des courants utilisables; mais, en revanche, elles rendent des services de jour en jour plus nombreux pour la mesure des températures; aussi est-il très intéressant de chercher à préciser leur mode d'emploi dans ce but. M. Daniel Berthelot a continué les belles recherches qu'il poursuit depuis plusieurs années sur la mesure des températures élevées; il a étudié spécialement l'étalonnement d'un couple en platine-platine iridié; M. Ponsot, d'une part, M. Pellat, d'autre part, ont, au point de vue théorique, examiné les conditions dans lesquelles un couple thermo-électrique peut servir à la mesure des températures absolues.

Dans l'Électricité appliquée, qui devient une science à part, de plus en plus riche et prospère, il ne nous appartient de signaler ici que les questions qui, par quelques points, se rattachent à la Physique pure. L'industrie perfectionne ses moyens; de grandes entreprises qui, naguère, eussent passé pour chimériques, peuvent, grâce à nos connaissances, aujourd'hui bien assises, être menées à bien; mais, depuis deux ou trois ans, on ne saurait guère citer une découverte nouvelle qui touche à un principe fondamental; cette stabilité est, d'ailleurs, éminemment profitable au progrès industriel, qui préfère les évolutions lentes et raisonnées aux brusques révolutions.

C'est peut-être dans la construction des transformateurs que les perfectionnements les plus remarquables ont été réalisés; la grande industrie arrive à produire des transformateurs élévateurs de tension fonctionnant sous 80.000 volts, grâce à des isolements parfaits, à des enroulements subdivisés, à des bains d'huile spéciaux assurant, par des courants de convection, un refroidissement régulier.

Les transformateurs plus modestes utilisés dans les laboratoires sous le nom de bobines d'induction, et qui, à cause de leur emploi dans la production des oscillations électriques et des rayons X, jouent un rôle capital dans une foule de recherches, ont, comme nous avons eu déjà occasion de le constater en détail dans les précédentes revues de Physique, été l'objet de travaux remarquables dans ces dernières années. Récemment encore, plusieurs auteurs ont publié des Mémoires intéressants sur ce sujet : Lord Rayleigh examine particulièrement l'effet produit par le condensateur introduit d'ordinaire sur le primaire; il montre que l'on obtient de

meilleurs résultats en supprimant ce condensateur et en s'efforçant d'arriver à une rupture très brusque du primaire. M. Klingelfuss a construit une bobine où le circuit magnétique est presque fermé; il obtient, avec 80.000 spires seulement et une résistance de 4.000 ohms, des effets supérieurs à ceux que donnent les types ordinaires comprenant 150.000 spires et offrant des résistances de 50.000 ohms. M. Trowbridge a disposé un interrupteur à liquide actionné par un moteur qui lui permet, avec la plus grande facilité, de faire varier à volonté le nombre des interruptions entre 60 et 50.000 par seconde, et d'avoir des étincelles dont la longueur change entre 0 et 75 centimètres.

La grande importance prise dans les applications industrielles par les courants alternatifs a amené les physiciens à perfectionner les instruments de mesures que l'on utilise pour déterminer les éléments de semblables courants ou à en imaginer de nouveaux. M. Hospitalier a décrit un ondographe, c'est-à-dire un appareil capable d'enregistrer directement à l'encre sur une bande de papier, en fonction du temps, les courbes représentatives d'un phénomène électrique périodiquement et rapidement variable, tel que la force électromotrice ou la différence de potentiel; le principe de cet appareil est une combinaison de la méthode par points successifs due à M. Joubert, de la méthode stroboscopique et des procédés utilisés dans les instruments électriques enregistreurs.

M. Blondel a continué ses beaux travaux sur les oscillographes, dont nous avons eu déjà occasion de parler ici même; on sait que les oscillographes sont des galvanomètres à oscillations extrêmement rapides et convenablement amorties, ne produisant pas d'effets parasites sensibles dans l'inscription des courants variables à fréquence usuelle. M. Blondel a perfectionné les types qu'il avait antérieurement décrits et réalisés, en particulier l'oscillographe bifilaire, formé de deux fils parallèles tendus dans un champ puissant et parcourus par le courant; cet instrument s'applique jusqu'à des fréquences de 200 et même 500 par seconde. Ces appareils entrent de plus en plus dans la pratique courante des laboratoires, où ils permettent de résoudre un grand nombre de questions importantes; c'est ainsi que M. Armagnat les a employés pour déterminer, par la méthode de résonance de Pupin, avec une précision jusqu'ici inconnue, les divers harmoniques dans lesquels un courant périodique quelconque peut être décomposé.

Signalons aussi, parmi les travaux qui touchent à l'industrie, mais qui ont un intérêt scientifique, les recherches faites par divers physiciens sur l'arc chantant de M. Duddell et l'arc téléphonique de Simon. M. Janet, qui a répété toutes ces expériences avec d'ingénieux dispositifs, a consacré à ce sujet un remarquable article auquel nous renvoyons le lecteur[1]; ajoutons seulement que M. Janet, dans des expériences personnelles, a montré comment l'arc chantant de M. Duddell donnait un moyen simple d'obtenir un courant alternatif avec une force électromotrice continue, et un procédé nouveau et précis pour obtenir la valeur d'un coefficient d'induction.

III. — Acoustique, élasticité, physique mécanique, gravitation.

Les phénomènes sonores produits par l'arc n'ont, en somme, rien de mystérieux; ils sont dus, comme tous les phénomènes de ce genre, à des vibrations qui se produisent dans des conditions parfaitement déterminées et ils se rattachent par là à l'un des chapitres de la Physique qui paraissent aujourd'hui presque terminés.

Et cependant, même dans ce chapitre de l'Acoustique, d'intéressants résultats peuvent encore être glanés. M. Stevens, par exemple, a publié des mesures soignées de la vitesse du son dans des gaz ou des vapeurs à haute température, effectuées par la méthode de Quincke, qui consiste à déterminer la position des nœuds dans un tuyau sonore à l'aide d'un tube de petit diamètre ouvert aux deux bouts, en relation d'une part avec l'oreille de l'observateur, de l'autre avec l'intérieur du tuyau. M. Stevens, déduisant de ses mesures la valeur du rapport de la chaleur spécifique à pression constante à la chaleur sous volume constant, trouve qu'en général ce rapport diminue notablement quand la température s'élève.

Il y a un réel intérêt à étudier le fonctionnement des instruments employés en musique avec toutes les ressources que fournissent les appareils précis et les méthodes délicates utilisés dans la Physique moderne : MM. Barton et Laws donnent ainsi des renseignements curieux sur la valeur de la pression de l'air employée dans le jeu des instruments métalliques à vent; M. Friedrich, examinant la façon dont se produit le son dans les tuyaux à embouchure de flûte, trouve que la théorie d'Helmholtz, d'après laquelle le son est dû à l'interférence de deux lamelles perpendiculaires l'une à l'autre, est conforme à la réalité des faits.

Dans l'Acoustique physiologique et dans l'Acoustique musicale, nous signalerons les travaux de M. Marage relativement à la mesure de l'acuité auditive, et les recherches de M. Zambiani sur les intervalles utilisés en musique; ce physicien constate,

[1] L'arc voltaïque. *Revue gén. des Sciences*, 1902, p. 416.

à l'aide d'un phonautographe de Scott, que, comme MM. Cornu et Mercadier l'avaient observé autrefois, l'harmonie ne fait usage que des intervalles ordinaires, mais que la mélodie paraît admettre des intervalles variés; dans une même mélodie, écrite sans modulations explicites, la même note ne joue pas constamment le même rôle et ne revient pas toujours avec le même nombre de vibrations.

Pour mesurer les intervalles, en Acoustique, on emploie surtout deux unités : le comma pour les petits intervalles, l'octave pour les grands; ces deux unités sont assez incommodes dans les calculs logarithmiques; elles sont, d'ailleurs, en réalité arbitraires et les prétentions théoriques qu'elles pourraient avoir sont peu justifiées. Remarquant tous ces inconvénients, un physicien qui a déjà publié de nombreuses recherches originales et intéressantes relatives aux phénomènes sonores, M. Guillemin, propose de prendre comme unité l'intervalle $\frac{10}{1}$, qu'il nomme le *savart*; la millième partie de cet intervalle, le milli-savart, se trouve être sensiblement l'accord de deux diapasons français (correspondant à 435 vibrations par seconde), dont l'un serait baissé par rapport à l'autre d'une vibration par seconde.

La pureté de la note émise en général par un diapason peut être invoquée comme une preuve du parfait isochronisme de l'oscillation et, par suite, comme une démonstration *a posteriori* de l'exactitude de l'antique loi de Hooke, c'est-à-dire de ce fait que, pour de petits déplacements, la force élastique est proportionnelle à la déformation. Cependant, cette loi a été depuis quelques années l'objet de contestations nombreuses. Certains mécaniciens ou physiciens admettent volontiers qu'elle est inexacte; et, particulièrement pour les déformations extrêmement faibles, — d'après une théorie assez en faveur, surtout en Allemagne, la théorie de Bach, — la loi qui lie les déformations élastiques aux efforts serait une loi exponentielle. De récentes expériences de MM. Kohlrausch et Grüneisen, exécutées dans des conditions variées et précises sur du laiton, de la fonte, de l'ardoise, du fer forgé, ne semblent pas confirmer la loi de Bach; rien n'autorise, en somme, à renoncer à la loi de Hooke, qui se présente comme l'approximation la plus naturelle et la plus simple.

C'est à des questions du même ordre que se rattachent les fines et patientes recherches de M. Bouasse sur les petites oscillations de torsion : cet ingénieux physicien poursuit, depuis quelques années, des expériences sur les points les plus délicats relatifs à la théorie de l'élasticité ; il est parvenu à définir avec précision, ce que l'on n'a pas toujours fait même, dans des travaux estimés, les déformations auxquelles on doit soumettre un fil pour obtenir des expériences comparables ; au sujet des petites oscillations de torsion, il conclut d'une discussion serrée que nous ne savons à peu près rien de plus que ce qu'avait énoncé Coulomb ; mais l'habileté et la profondeur de vues dont a fait preuve M. Bouasse autorisent l'espoir que, grâce à ses travaux, une vive lueur éclairera quelque jour ce chapitre si important et trop délaissé de la Physique.

Les recherches de M. Marchis sur les phénomènes de dilatation du verre, celles de M. Lenoble sur la traction des fils métalliques, celles de M. Chevalier sur les variations permanentes de résistance électrique des fils d'alliage platine-argent, soumis à des variations périodiques de température, fournissent, dans le même domaine, de remarquables vérifications de la belle théorie des déformations permanentes des corps solides établie par M. Duhem.

Dans le cas des corps liquides, on peut mettre en évidence des phénomènes qui sont, mais avec quelques précautions cependant, assimilables aux phénomènes mécaniques qui se produisent dans les solides; c'est ainsi que MM. Leduc et Sacerdote ont réalisé de curieuses expériences de liquide sous pression négative, qui ont donné lieu à d'intéressantes remarques de la part de M. Gerrit Backer.

C'est grâce à une connaissance plus exacte des phénomènes de l'élasticité que se perfectionnent divers appareils de mesures et que peuvent, par suite, être obtenus des résultats très précis. En particulier, divers physiciens ont, depuis quelque temps, construit des balances d'une sensibilité extrême : M. Salvioni, par exemple, en utilisant les inflexions que subissent des fils élastiques, M. Crémieu en remplaçant le couteau de suspension par des fils de cocon.

A l'aide d'une balance de haute précision, MM. Landolt et Heydweiller ont effectué de nombreuses pesées sur des corps divers, avant et après que se sont effectuées les réactions chimiques auxquelles ces corps ont donné naissance; ces deux physiciens, très exercés et très prudents, n'ont pas craint d'énoncer ce résultat sensationnel que, dans certaines circonstances, le poids n'est plus le même après qu'avant la réaction. En particulier, le poids d'une dissolution effectuée de sulfate de cuivre dans de l'eau ne serait pas la somme exacte des poids du sel et de l'eau. Si ce résultat était confirmé, il serait certes l'un des plus importants pour la philosophie scientifique que l'on ait obtenus depuis longtemps; il nous obligerait à abandonner l'un des points sur lesquels repose la Physique moderne, et les problèmes les plus

graves se poseraient aux mécaniciens et aux physiciens; pour le moment, il n'est pas défendu de penser que, malgré leur habileté, MM. Landolt et Heydweiller ont pu se tromper, et que, par exemple, une certaine évaporation a pu se produire qui a échappé à leurs observations.

C'est aussi avec les phénomènes de torsion que l'on obtient des mesures de force précises; par exemple, c'est à la balance de torsion que l'on s'accorde à reconnaître le plus de sensibilité pour la mesure de la gravitation. Mais, dans une telle balance, la sensibilité est limitée par la force portante du fil de suspension. Il y a déjà une trentaine d'années que MM. Cornu et Baille ont, en effet, démontré que, toutes choses égales d'ailleurs, la sensibilité est la même pour des systèmes semblables, quels que soient leur poids et leur dimension. Mais, si l'on parvient à faire porter presque tout le poids par un système auxiliaire et que l'on n'utilise le fil de torsion que comme couple moteur, la limite de sensibilité pourra être considérablement reculée. Malheureusement, des complications nombreuses se présenteront. M. Burgess a cependant réussi à faire supporter par un flotteur immergé dans le mercure deux sphères de plomb pesant chacune 2 kilogs et attachées à un levier horizontal de 12 centimètres de long; il a pris des précautions minutieuses pour assurer la parfaite mobilité du système par rapport à la surface du mercure et pour éviter les courants de convection. Ses expériences, encore peu nombreuses, fourniront sans doute une bonne mesure de la gravitation.

IV. — Loi des phases, statique des fluides, chaleur.

Bien des fois déjà, au cours de cette rapide revue des progrès récents de la Physique, nous avons été amené à franchir la limite qui sépare la Physique de la Chimie; la Physique a, en effet, le droit de revendiquer comme lui appartenant une part des travaux qui lui empruntent ses principes et ses méthodes et, dans ce domaine si intéressant et si neuf de la Physico-Chimie, il serait parfois bien difficile de faire le départ entre ce qui appartient au physicien et ce qui est le propre du chimiste.

La célèbre loi des phases, découverte par M. Gibbs et fondée sur les principes fondamentaux de l'Énergétique, est aujourd'hui enfin bien connue et bien comprise en France, grâce aux efforts de M. H. Le Chatelier et de M. Duhem ; cette loi établit des relations entre le nombre des phases, c'est-à-dire des différentes masses homogènes, et celui des composants indépendants aussi bien dans un équilibre physique que dans un équilibre chimique; la distinction que l'on établissait autrefois entre les deux classes de phénomènes est complètement effacée. Il est encore très intéressant, quoique la loi soit désormais bien assise, d'en vérifier les conséquences dans des cas particuliers, et c'est à cette vérification qu'ont travaillé de nombreux expérimentateurs.

M. Bakhuis Rozeboom, qui a tant contribué par ses travaux personnels et par ceux de ses élèves à l'établissement définitif de la Statique des fluides, a, cette année encore, publié de remarquables Mémoires; il indique, par exemple, une intéressante représentation dans l'espace des régions des phases pour des systèmes binaires; dans un autre travail, il étudie les amalgames d'étain : il montre que le mercure et l'étain se mêlent en toutes proportions et font naître une phase fixe à des températures différentes; il conclut de ses expériences qu'outre les états déjà connus de l'étain, l'étain blanc et l'étain gris, il y a une troisième modification qui se présente à — 34° sous forme de cristaux mixtes. M. van der Waals a, de son côté, donné une représentation géométrique des phénomènes d'équilibre d'un système binaire à une température donnée.

M. Kapp examine divers groupes binaires constituant des alliages. On sait que, conformément aux idées d'Ostwald, on peut dire qu'un alliage binaire se comporte comme une dissolution de l'un des métaux dans l'autre; pour les alliages pauvres, l'abaissement du point de fusion par rapport au métal dissolvant est d'autant plus prononcé que le métal dissous est en plus grande quantité, du moins jusqu'à ce que l'on ait atteint une certaine limite pour laquelle les courbes de solubilité du premier métal dans le second et du second métal dans le premier se coupent; à ce point d'intersection correspond ce que l'on appelle l'alliage eutectique, dont le point de fusion est minimum : les expériences de M. Kapp sont bien d'accord avec toutes ces prévisions. M. Foot, qui a étudié avec beaucoup de soin le phénomène de la formation de cristaux mixtes provenant d'un mélange de divers sels, trouve, lui aussi, un accord parfait entre l'expérience et la loi des phases; de même, des recherches de MM. Verschaffelt, Julius, Schreinemakers, van Everdingen apportent de nouvelles confirmations de l'exactitude de la théorie de Gibbs. M. Tammann a publié, dans le même ordre d'idées, des remarques importantes sur les phases qui existent au point triple. M. Wildermann étudie les phénomènes de réaction qui tendent à ramener l'équilibre : ce sont, en réalité, ces phénomènes qui sont les plus fréquents dans la Nature, car les conditions d'équilibre définitif y sont bien rarement réalisées; il étudie les vitesses de réaction thermique, chimique, mécanique; il montre que, dans un système hétérogène, la vitesse de réaction est proportionnelle à l'écart

entre la position du système et le point d'équilibre, et proportionnelle aussi à la surface de contact des parties réagissantes, plus une constante qu'il appelle constante d'instabilité.

Des théories comme celle de M. Gibbs ne supposent aucune hypothèse particulière sur la constitution de la matière: elles ne s'appuient que sur les relations numériques générales que l'Énergétique permet d'établir entre les grandeurs physiques, sans qu'il soit nécessaire de rien supposer relativement à la nature intime de ces grandeurs. Ces théories se rattachent cependant par bien des liens à d'autres, qui se sont développées parallèlement, qui conduisent à des résultats souvent analogues et qui, elles, au contraire, rentrent dans les hypothèses cinétiques et atomiques. Ainsi les travaux de Raoult et de van ' t Hoff, par exemple, fondés d'une part sur les principes de la Thermodynamique, de l'autre sur les propriétés moléculaires, forment, en quelque sorte, un pont entre deux régions très profondément séparées, cependant, au point de vue philosophique.

Les mesures cryoscopiques ont fourni, récemment encore, quelques résultats importants; M. Hausrath, par exemple, a obtenu d'excellentes mesures d'abaissement du point de congélation des dissolutions en employant un procédé dont l'idée est due à M. Nernst: on compare, au moyen de piles thermo-électriques très sensibles, les températures de deux vases placés dans des conditions absolument identiques et contenant l'un le dissolvant pur, l'autre une quantité égale de la dissolution. Il est très intéressant, en effet, de pouvoir opérer dans des conditions où la quantité dissoute sera très faible, et, par suite, où l'abaissement que l'on aura à mesurer sera très minime, parce que ce sont là les conditions où la dissolution est comparable à un gaz sous faible pression, c'est-à-dire à un gaz pour lequel la validité des lois de Mariotte et de Gay-Lussac est incontestable. Des expériences de M. Hausrath, il résulte que la loi de Guldberg et Waage est très mal vérifiée dans le cas des électrolytes forts.

La formule de van der Waals, qui résulte, elle aussi, d'hypothèses cinétiques, donne lieu encore à des observations importantes. M. Daniel Berthelot a fait justement remarquer que, dans le cas des gaz monoatomiques, comme l'argon, la compressibilité est fort bien représentée par la formule; mais, pour les gaz polyatomiques, il faut la modifier pour obtenir des résultats conformes aux données de l'expérience; dans ce cas, il sera préférable de toucher, non pas au terme qui représente la pression interne et qui, par suite, ne dépend pas de l'atomicité de la molécule, mais bien plutôt au volume, en évaluant l'influence que le nombre et les mouvements des atomes constituant la molécule peuvent exercer sur la grandeur de ce terme; dans ces conditions, on obtient, en particulier, des valeurs beaucoup plus exactes pour la densité critique qui, jusqu'à présent, était fort mal déterminée au moyen de la formule ordinaire.

M. van der Waals a, d'ailleurs, lui-même repris l'étude de la forme à donner aux constantes qui entrent dans sa formule dans le cas où les molécules ne sont pas des systèmes invariables; il a été ainsi amené à diverses recherches sur la marche des transformations moléculaires; il trouve que, pour l'acide acétique et le peroxyde d'azote, la formation de molécules doubles dans l'état de vapeur saturée diminue quand la température s'élève, tandis que l'inverse se produit dans l'acétaldéhyde.

L'une des conséquences les plus remarquables de la formule de van der Waals est, sans contredit, la loi des états correspondants; on sait que cette loi n'est peut-être pas absolument générale, mais qu'elle s'applique merveilleusement aux corps rangés en différents groupes. M. Verschaffelt, en utilisant des diagrammes tracés d'après la méthode de M. Raveau, méthode que nous avons eu occasion d'expliquer dans une précédente revue, a pu montrer que les mélanges d'acide carbonique et d'hydrogène satisfont très bien à la loi. MM. Kuenen et Robson établissent que l'anhydride carbonique seul obéit bien aussi à la loi et appartient au groupe normal, tandis que, pour l'éthane, les températures réduites sont toutes inférieures à celles qui conviennent au tétrachlorure de carbone et sont, par conséquent, plus faibles que pour aucune des substances contenues dans les tables de Young.

D'autres faits intéressants, conséquences des lois de la Thermodynamique, ont été démontrés théoriquement ou vérifiés par divers expérimentateurs. M. Caubet, par exemple, a constaté, relativement au chlorure de méthyle et à l'anhydride sulfureux, l'exactitude des prévisions théoriques de M. Duhem sur l'intersection des isothermes avec la courbe de saturation. M. Ponsot a démontré qu'au zéro absolu deux systèmes de corps solides, comprenant les mêmes éléments, ont même chaleur spécifique et que la chaleur spécifique d'un corps solide, comme celle de sa vapeur saturante, tend vers la valeur zéro lorsque la température tend vers le zéro absolu. M. Duhem a établi qu'en tout point d'un fluide en équilibre stable, la chaleur spécifique sous pression constante est plus grande que la chaleur spécifique sous volume constant.

Au point de vue de l'application spéciale de la Thermodynamique aux machines, nous signalerons spécialement les beaux travaux de M. Marchis; cet auteur a, en particulier, démontré que l'application du principe de Carnot-Clausius, sous la forme du diagramme entropique, à la représentation des

quantités de chaleur dégagées ou absorbées par le fluide évoluant dans une machine à vapeur n'est pas légitime. Nous citerons aussi un exposé très clair de l'emploi du diagramme entropique fait par M. Brunhes.

Les expériences sur la compressibilité des gaz aux basses pressions, souvent reprises par d'habiles expérimentateurs, n'ont pas encore conduit à des résultats bien concordants. M. Battelli a entrepris de nouvelles expériences sur ce sujet; il a cherché à se mettre à l'abri de l'influence absorbante que les parois peuvent exercer sur les gaz et aussi des phénomènes d'ionisation que pourraient produire diverses causes et qui, naturellement, n'auraient pu être soupçonnés il y a quelques années. Les expériences ont porté sur l'air, l'oxygène, l'hydrogène, l'anhydride carbonique; pour l'oxygène, on observe un fait remarquable, déjà signalé par M. Bohr : au voisinage de la pression correspondant à $\frac{7}{10}$ de millimètre de mercure, une augmentation de volume n'entraînerait aucune diminution de pression jusqu'au moment où le volume aurait acquis une nouvelle valeur déterminée; ce résultat semblerait entraîner la nécessité de l'existence d'une modification moléculaire dans le gaz. Il convient, toutefois, d'ajouter que Lord Rayleigh, ayant effectué des expériences analogues, n'obtient nullement pareil résultat; il estime, au contraire, qu'entre les pressions de $1^{mm},5$ et de $0^{mm},01$, les gaz comme l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène suivent rigoureusement la loi de Mariotte.

Si l'oxygène subit peut-être aux faibles pressions une modification moléculaire, il paraît plus probable que l'hydrogène peut éprouver un changement analogue aux températures élevées; c'est, du moins, ce qui semble bien résulter d'expériences de M. Winkelmann sur les phénomènes de diffusion à travers le platine. Ce physicien, échauffant un tube de platine par un courant électrique, montre que la diffusion n'est pas proportionnelle à la pression; on obtient des résultats bien d'accord avec les formules établies en supposant que l'hydrogène subit une dissociation partielle et que ce sont, non les molécules, mais les atomes dissociés qui traversent la paroi incandescente.

Dans ce chapitre, consacré aux recherches qui touchent à la chaleur, nous dirons aussi un mot d'un travail très consciencieux de M. Compan sur le pouvoir refroidissant de l'air et les lois du rayonnement. Ses expériences, étendues dans un large intervalle de température entre -182° et $+300^{\circ}$, montrent qu'aux températures moyennes la loi de Dulong et Petit s'applique bien, même lorsque la pression varie notablement; l'auteur obtient aussi des résultats intéressants sur la loi de rayonnement aux basses températures : c'est alors la formule de Stefan qui donne les résultats les plus conformes à l'expérience.

V. — Production et utilisation des basses températures; liquéfaction des gaz.

Dans les expériences de M. Compan, comme dans beaucoup d'autres que l'on effectue aujourd'hui, l'on a profité, pour obtenir des basses températures, des admirables progrès réalisés durant ces dernières années dans la fabrication des gaz liquéfiés. Nous n'insisterons point sur cette industrie : on a déjà présenté, aux lecteurs de la *Revue*, un tableau d'ensemble[1] relatif à ces questions et brossé de main de maître; nous indiquerons seulement les principales applications à la Physique qui ont été faites depuis quelque temps; ces applications sont déjà nombreuses, mais elles le deviendront davantage au fur et à mesure que se perfectionneront et se vulgariseront les moyens pratiques de produire les grands froids; toutes les propriétés des corps sont fonction de la température, et tout porte à considérer que, dans ce domaine, encore mal connu, des températures très basses, les phénomènes prennent des aspects particulièrement intéressants.

Au point de vue théorique, les procédés nouveaux de liquéfaction se classent en deux catégories. La machine de Linde et les machines similaires utilisent, on le sait, la détente sans production notable de travail extérieur; cette détente occasionne néanmoins un abaissement de température parce que le gaz en expérience n'est pas un gaz parfait, et, par un procédé ingénieux, on accumule les refroidissements produits. Plusieurs physiciens ont proposé d'employer une méthode où la liquéfaction serait obtenue par détente avec un travail extérieur récupérable; cette méthode, proposée dès 1860 par Siemens, présenterait des avantages considérables : théoriquement, la liquéfaction serait plus rapide, et obtenue beaucoup plus économiquement; malheureusement, l'expérience rencontre des obstacles graves, provenant surtout de la difficulté que l'on a à obtenir un graissage convenable pour les grands froids des parties de l'appareil qui doivent être en mouvement pour pouvoir travailler; M. Claude paraît, à cet égard, avoir réalisé un grand progrès; il lubrifie les organes mobiles au moyen de l'air liquide lui-même; ce corps possède, en effet, la propriété de mouiller les métaux et pourra remplacer d'une façon aussi avantageuse qu'imprévue les huiles

[1] Voir les beaux articles de M. Mathias sur la fabrication des gaz liquéfiés. *Revue gén. des Sciences*, 30 octobre et 15 novembre 1901, 28 février et 15 mars 1902.

impossibles à employer dans les machines à liquéfaction.

C'est en Angleterre, grâce à l'habileté de M. Dewar et de ses élèves, grâce aussi, il faut bien le dire, à la générosité de l'Institution Royale de Londres, qui a consacré des sommes considérables à ces expériences coûteuses, que les recherches les plus nombreuses et les plus systématiques ont été effectuées sur la production des grands froids et sur les propriétés des corps aux basses températures; nous renverrons le lecteur désireux d'avoir des détails sur ces questions à l'excellent article publié ici par Mlle A. M. Clarke[1] et nous ne retiendrons que les résultats les plus importants.

Les propriétés électriques, particulièrement, subissent d'intéressantes modifications. L'ordre dans lequel se placent les métaux, au point de vue de la conductibilité, n'est plus le même qu'aux températures ordinaires : ainsi, à — 200°, le cuivre conduit mieux que l'argent; la résistance diminue avec la température; jusque vers 200°, cette diminution est à peu près linéaire, et il semblerait que la résistance tend vers zéro quand la température tend vers le zéro absolu; mais, à partir de — 200°, l'allure des courbes change, et il est facile de prévoir qu'au zéro absolu les résistivités de tous les métaux conserveraient, contrairement à ce que l'on supposait autrefois, une valeur notable. Les électrolytes solidifiés, qui, à des températures fort inférieures à leurs points de fusion, conservent encore une conductibilité très appréciable, deviennent au contraire, aux basses températures, des isolants parfaits. Leurs constantes diélectriques prennent des valeurs relativement élevées. MM. Jurie et Compan, qui ont étudié de leur côté cette question, ont constaté d'ailleurs que ce pouvoir inducteur spécifique change notablement avec la température.

On a, de même, étudié les propriétés magnétiques; un résultat très intéressant est celui que l'on trouve pour l'oxygène: la susceptibilité magnétique de ce corps croît au moment de la liquéfaction; toutefois, cet accroissement, qui est énorme (puisque la susceptibilité devient 1.600 fois plus grande que ce qu'elle était primitivement), si on le rapporte à des volumes égaux, est beaucoup moins considérable si l'on envisage des masses égales; on doit conclure de ce fait que les propriétés magnétiques n'appartiennent pas, sans doute, aux molécules en elles-mêmes, mais qu'elles dépendent de l'état d'agrégation de ces molécules.

Les propriétés mécaniques des corps subissent aussi d'importantes modifications : en général, la cohésion est considérablement accrue. Les dilatations produites par de faibles changements de température sont considérables. M. Dewar a effectué des mesures soignées sur la dilatation de certains corps, la glace, par exemple, aux basses températures. Des changements de couleur se produisent : ainsi le vermillon et l'iodure de mercure passent à l'orangé pâle. La phosphorescence s'exagère, et la plupart des corps à structure complexe, le lait, les œufs, les plumes, le coton, des fleurs, deviennent phosphorescents; il en est de même pour certains corps simples, tel l'oxygène qui se transforme en ozone en émettant une lumière blanche.

L'affinité chimique est presque abolie : le phosphore, le potassium demeurent inertes dans l'oxygène liquide. Il est cependant à noter, et cette remarque a, sans doute, quelque intérêt pour les théories de l'action photographique, que les substances photographiques conservent, même à la température de l'hydrogène liquide, une partie très notable de leur sensibilité à la lumière.

M. Dewar a fait des applications importantes des basses températures à l'analyse chimique; il les utilise aussi pour faire le vide. Ses recherches ont, en effet, prouvé que la pression de l'air congelé au moyen de l'hydrogène liquide ne peut excéder un millionième d'atmosphère; on a donc, par ce procédé, un moyen original et rapide de faire un excellent vide dans des appareils très divers, qui peut être particulièrement commode en certains cas.

Grâce à tous ces travaux, un champ considérable s'ouvre aussi pour les recherches biologiques; sur ce terrain, qui n'est pas le nôtre, nous ne marquerons qu'un seul point. On a constaté que des germes vitaux, des bactéries par exemple, peuvent être maintenus pendant sept jours à — 190° sans que leur vitalité soit modifiée; les organismes phosphorescents cessent bien, en vérité, de luire à la température de l'air liquide, mais ce fait est dû simplement à ce que les oxydations et les autres réactions chimiques qui entretiennent la phosphorescence sont alors suspendues, car l'activité phosphorescente reprend dès que la température remonte suffisamment. On a tiré de ces expériences une conclusion importante au point de vue des théories cosmogoniques: puisque le froid de l'espace ne saurait détruire les germes de vie, il n'est nullement absurde de supposer que, dans des conditions convenables, un germe puisse avoir été transmis d'une planète dans une autre.

Parmi les découvertes faites avec les nouveaux procédés, celle qui a certainement le plus vivement intéressé l'opinion publique est la découverte de nouveaux gaz dans l'atmosphère. On sait[1] comment

[1] Mlle A. M. CLARKE : Recherches sur les basses températures. *Revue gén. des Sciences*, 1902, p. 130.

[1] Voir à ce sujet W. RAMSAY et M. TRAVERS : L'argon et ses compagnons, *Rev. gén. des Sc.*, 15 décembre 1900 et

MM. Ramsay et Travers ont d'abord caractérisé spectroscopiquement les *compagnons* de l'argon dans la partie la moins volatile de l'atmosphère. M. Dewar d'un côté, M. Ramsay de l'autre, ont ensuite séparé nettement, outre l'argon et l'hélium, le crypton, le xénon et le néon. Le procédé mis en œuvre consiste essentiellement à solidifier d'abord la partie la moins volatile de l'air, puis à la faire évaporer avec une extrême lenteur; un tube à électrodes permet d'observer le spectre du gaz qui distille; on voit ainsi se succéder les spectres des divers gaz dans l'ordre inverse de leur volatilité; tous ces gaz sont monoatomiques comme le mercure, c'est-à-dire qu'ils sont à l'état le plus simple: ils ne possèdent aucune énergie interne de la molécule, au moins celle que la chaleur est capable de fournir; ils semblent de même n'avoir aucune énergie chimique ; tout porte à croire qu'ils sont les témoins sur la Terre d'un état de choses antérieur aujourd'hui disparu. On peut supposer, par exemple, que l'hélium et le néon, dont la masse moléculaire est très faible, étaient autrefois beaucoup plus abondants sur notre planète ; mais, à une époque où la température du globe était plus élevée, la vitesse propre des molécules a pu atteindre une valeur considérable, dépasser par exemple 11 kilomètres à la seconde, ce qui suffit à expliquer que ces molécules ont pu quitter notre atmosphère.

Le crypton et le néon, qui ont une densité quatre fois plus forte que l'oxygène, ont pu, au contraire, disparaître en partie par dissolution au fond de la mer, où il n'est pas absurde de supposer qu'on en trouverait des quantités considérables liquéfiées à de grandes profondeurs.

Il est probable, d'ailleurs, que les régions supérieures de l'atmosphère ne sont pas composées comme l'air qui nous environne. M. Dewar fait observer que la loi de Dalton exige que chacun des gaz qui composent l'atmosphère ait, à chaque hauteur et à chaque température, la même pression que s'il était seul, la pression décroissant d'autant moins vite, toutes choses égales d'ailleurs, que sa densité est plus faible. Il en résulte que, la température baissant au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, à une altitude assez élevée, il ne doit plus rester que des traces d'oxygène et d'azote, qui se liquéfient sans doute d'ailleurs, et que l'atmosphère est presque exclusivement composée des gaz les plus volatils, parmi lesquels l'hydrogène, dont M. A. Gautier a, comme Lord Rayleigh et M. Ramsay, prouvé l'existence dans l'air. Le spectre de l'aurore boréale, où l'on retrouve les raies des parties de l'atmosphère qu'on ne peut liquéfier dans l'hydrogène liquide, et celles de l'argon, du crypton, du xénon, est bien en conformité avec cette manière de voir; il est cependant singulier que ce soit surtout le spectre du crypton, c'est-à-dire du gaz le plus lourd, qui se montre, et de beaucoup, le plus nettement, dans les régions supérieures de l'atmosphère.

Parmi les gaz les plus difficiles à liquéfier, l'hydrogène a été l'objet de travaux particuliers et de véritables expériences de mesure. On connaît aujourd'hui très nettement ses propriétés à l'état liquide ; sa température d'ébullition, mesurée avec un thermomètre à hélium, dont l'étude a été faite comparativement aux thermomètres à oxygène et à hydrogène, est de — 252° ; sa température critique est — 241° ; la pression critique, 15 atmosphères ; il est quatre fois plus léger que l'eau, il ne présente pas de spectre d'absorption, et sa chaleur spécifique est la plus grande qui soit connue ; il n'est pas conducteur de l'électricité ; solidifié à 15° absolus, il est loin de rappeler par son aspect un métal : il ressemble à un morceau de glace parfaitement pure.

Tous ces résultats si remarquables, comme tant d'autres que nous avons rencontrés dans notre rapide excursion, sont dus à des physiciens qui ont su unir leurs efforts, orienter leur activité vers un but commun; les recherches de ces savants ont, d'ailleurs, été singulièrement facilitées par les ressources matérielles dont disposaient leurs laboratoires. Peut-être de tels exemples comportent-ils un enseignement qu'il n'est pas mauvais de faire ressortir ici, en manière de conclusion. Il est certain que, dans l'avenir comme dans le passé, les découvertes les plus profondes, celles qui viendront subitement révéler des régions entièrement inconnues, ouvrir des horizons tout à fait nouveaux, seront faites par quelques chercheurs de génie qui poursuivront dans la méditation solitaire leur labeur obstiné, et qui, pour vérifier leurs conceptions les plus hardies, ne demanderont sans doute que les moyens expérimentaux les plus simples et les moins coûteux; mais, pour que ces découvertes portent tous leurs fruits, pour que le domaine puisse être rationnellement exploité et fournir le rendement désirable, il faudra de plus en plus l'association des bonnes volontés, la solidarité des intelligences ; il faudra aussi que les savants aient à leur disposition les instruments les plus délicats et les plus puissants : si la France veut conserver dans la recherche scientifique le rang auquel son long passé de gloire lui donne droit de prétendre, elle ne doit jamais oublier que ce sont là les conditions aujourd'hui essentielles pour le progrès continu dans les sciences expérimentales.

Lucien Poincaré,
Inspecteur général de l'Instruction publique.

l'article de M. Ramsay : Les gaz de l'atmosphère, *Rev. gén. des Sc.*, 1902, p. 804.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Perry (John), *Membre de la Société Royale, Professeur au Collège Royal des Sciences de Londres.* — **Höhere Analysis für Ingenieure.** — 1 *volume in-8° de* VIII-422 *pages.* (*Prix* : 15 *fr.*) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1902.

M. Perry, membre de la Société Royale, et Professeur de Mécanique et de Mathématiques au Collège Royal des Sciences de Londres, a publié un livre intitulé : « The Calculus for Engineers ». Cet ouvrage, traduit en allemand et remanié par MM. Fricke, professeur de Mathématiques à l'École Technique Supérieure de Brunswick, et Süchting, électricien en chef de la ville de Minden, est édité aujourd'hui par la maison Teubner sous le titre de : « Höhere Analysis für Ingenieure ».

Les ingénieurs anglais (sauf exceptions illustres, mais rares) n'ont qu'une instruction scientifique tout à fait rudimentaire. M. Perry constate cette situation, la déplore et s'efforce d'y remédier.

Le but du livre est le suivant : mettre, par les procédés les plus simples et les plus directs, les techniciens anglais à même de résoudre, comme calcul numérique effectif, les problèmes les plus fréquents qu'offrira la pratique. Il n'est plus question de démonstration ou d'explication. M. Perry dit simplement : « Si vous avez tel problème, faites comme ceci ».

En France, où ce n'est pas l'instruction théorique qui manque aux ingénieurs, l'utilité du livre sera moindre. Il peut néanmoins servir d'aide-mémoire assez commode.

Quoi qu'il en soit, le lecteur, dans les 422 pages du livre, verra défiler d'innombrables problèmes de tout genre : Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Hydraulique, Thermodynamique, Résistance des matériaux, Electrodynamique, etc.

Le tout est classé suivant la nature des fonctions employées : puissance, exponentielle, circulaires, etc.

LÉON AUTONNE,
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Maître de Conférences de Mathématiques
à la Faculté des Sciences de Lyon.

Bardey (Dr E.). — **Anleitung zur Auflösung eingekleideter algebraischer Aufgaben.** (*Zweite Auflage*). — 1 *vol. in-8° de* 159 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 25.) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1903.

André (M.-H.), *Ingénieur.* — **Les Dirigeables.** — 1 *vol. in-8° carré de* 341 *pages, avec figures.* (*Prix* : 16 *fr.* 50.) *Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1902.

L'heure est assurément bien choisie pour essayer d'établir le bilan de la navigation aérienne, autour de laquelle s'est fait, depuis quelque temps, un grand mouvement d'opinions et d'idées. Le moment est venu, sans doute, de donner au grand public un aperçu un peu précis d'un art qui paraîtra longtemps encore mystérieux, quoi que l'on fasse, en même temps que les inventeurs, trop souvent téméraires, ont besoin qu'on les mette en garde contre leurs entraînements, en leur exposant les enseignements scientifiques qui découlent de l'expérience chèrement acquise par leurs devanciers. C'est donc avec un juste sentiment d'opportunité que M. André vient d'offrir aux adeptes de l'Aéronautique et aux simples curieux de cet art un livre qui vise certainement plus haut qu'un simple ouvrage de vulgarisation descriptive. L'auteur s'attache à y dégager la technique du ballon dirigeable.

Son livre est divisé en trois parties : La première traite de l'aérostation en général, car les principes en sont communs à tous les ballons, quels qu'ils soient, bouées abandonnées au gré des vents, ou vaisseaux qui se dirigent au gré du pilote ; la seconde partie comprend l'étude des conditions qui régissent la navigation aérienne proprement dite ; la troisième, enfin, est une revue rapide des essais tentés pour résoudre le problème. Nous trouvons dans cette dernière partie : 1° une très substantielle analyse de l'œuvre des précurseurs : général Meusnier, Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier, pour ne citer que ceux-là ; 2° une description complète et critique des tentatives heureuses du colonel Renard et de M. Santos-Dumont, de l'effort considérable et très étudié du comte Zeppelin, en Allemagne, en même temps que des expériences malheureuses de Severo et de Bradsky, qui ont donné lieu à des catastrophes à jamais déplorables ; 3° enfin, un exposé de quelques projets non encore expérimentés, ni même réalisés, y compris celui de l'auteur.

Dans cet historique, les inventeurs, présents et futurs, trouveront des enseignements précieux ; mais la partie la plus importante de l'ouvrage est évidemment celle où l'auteur expose les principes scientifiques qui dominent le vaste problème de la navigation aérienne. Ces principes sont aujourd'hui sortis du mystère qui les a entourés si longtemps, grâce à des travaux, déjà nombreux, qu'il est temps de coordonner pour en faire un corps de doctrine. M. André s'y est efforcé ; son livre, comme il l'annonce avec beaucoup de bonne grâce, contient de nombreux emprunts faits dans les études antérieures. C'est se mettre sous l'égide d'autorités reconnues, mais l'ouvrage y a perdu sans doute un peu de son homogénéité. L'auteur nous permettra cette légère critique, s'il veut bien se rappeler l'adage, souvent répété, qu'on ne discute que ce qui en vaut la peine. Nous voulons dire que certains chapitres ont pris un développement peut-être exagéré, à côté de quelques parties plus écourtées et de quelques lacunes. La question, si importante au point de vue scientifique, de la résistance de l'air, est traitée très largement et mise au point ; il en est de même pour l'analyse du travail des hélices, encore que les conclusions pratiques — et c'est de cela que les constructeurs ont le plus besoin — n'en soient pas suffisamment dégagées ; mais nous eussions désiré que l'auteur insistât sur les conditions de stabilité longitudinale, dont il reconnaît, du reste, lui-même l'importance prédominante, car c'est là que se trouve, pour le moment, le nœud du problème : l'état de l'industrie, en effet, nous permet de réaliser des moteurs d'une légèreté merveilleuse ; on peut imprimer à un flotteur quelconque toutes les vitesses désirables ; mais on s'aperçoit qu'avec la vitesse l'instabilité s'accroît dans des proportions si considérables qu'il faut, avant tout, combattre cette instabilité pour éviter de nouvelles catastrophes. Il importe de faire toucher du doigt aux néophytes de l'Aéronautique les causes habituelles du danger, celles d'où proviennent tous les accidents, et les précautions essentielles, indispensables, que l'expérience a sanctionnées.

Empressons-nous de dire que, si l'on n'y a pas insisté dans le livre que nous analysons, par un groupement qui l'aurait mis plus en évidence, tout cela se trouve cependant dans l'ouvrage de M. André. On ne peut que recommander la lecture de ce livre à tous ceux qu'intéresse le problème attachant de la navigation aérienne : il n'est pas jusqu'aux exposés mathématiques que M. André ne soit parvenu à revêtir d'une forme agréable et toujours claire.

Lt-Colonel G. ESPITALLIER.

2° Sciences physiques

Legrand (Emmanuel), *Ingénieur diplômé de l'Ecole supérieure d'Electricité.* — **Recherches sur la conductibilité électrique de certains sels et du sodium dissous dans le gaz ammoniac liquéfié.** — (*Thèse soutenue devant la Faculté des Sciences de Paris.*) — 1 *vol. in-8°. C. Naud, éditeur. Paris*, 1902.

La loi de Kohlrausch exprime que la conductibilité moléculaire limite d'un sel peut être regardée comme égale à la somme de deux coefficients spécifiques des deux ions et qui sont proportionnels aux vitesses de migration de ces ions. D'ailleurs, cette loi s'applique bien avant les conditions de dilution pour lesquelles les sels sont complètement dissociés, et sans que nécessairement ils soient parvenus au même état de dissociation. La loi de M. Bouty ajoute que les conductibilités moléculaires limites sont les mêmes pour tous les sels dont les deux ions ont des vitesses de migration égales entre elles, comme c'est le cas d'un grand nombre de sels neutres formés par les acides minéraux.

Ces lois n'ont guère été vérifiées jusqu'ici que pour les dissolutions aqueuses et pour certaines dissolutions alcooliques. Il importe cependant d'étudier d'autres dissolvants ne possédant pas le groupe oxhydrile OH auquel M. Arrhénius attribue un rôle spécial. M. Bouty a déjà étendu ces lois aux dissolutions des sels alcalins dans l'acide azotique concentré. Un certain nombre de sels se dissolvent encore dans le gaz ammoniac liquéfié, et l'étude de ces dissolutions a déjà fait l'objet d'un travail de M. Cady.

M. Legrand s'est proposé de reprendre l'étude générale de ce dissolvant. Il a pu obtenir des électrodes impolarisables appropriées à la nature du dissolvant et opérer ainsi par la méthode électrométrique de M. Bouty, tandis que la méthode du courant alternatif et du téléphone se trouvait en même temps appliquée à la même étude par MM. Goodwin et de Kay Thompson. M. Legrand a pu étendre ces recherches délicates, et qui présentent de nombreuses difficultés expérimentales, à 4 chlorures, 7 iodures et 4 azotates. Il a opéré à — 33°, température d'ébullition sous la pression ordinaire de l'ammoniaque liquéfiée; et, pour obtenir les coefficients de température, il est descendu jusqu'à — 70°.

Les résultats de ces expériences démontrent que la conductibilité moléculaire des dissolutions ammoniacales suit une loi absolument opposée à celle des dissolutions aqueuses. Elle croît constamment quand la dilution augmente, et l'accroissement, certain et très prononcé, démontre que ni la loi expérimentale de Kohlrausch, ni la théorie de la dissociation électrolytique ne peuvent s'appliquer aux dissolutions ammoniacales et que les écarts sont énormes.

A l'égard de la conductibilité des solutions d'ammoniaque et d'eau ou de glace, l'auteur a repris les déterminations de Kohlrausch, et a confirmé l'existence d'un maximum de conductibilité très accusé pour une concentration de 4 °/o en poids à la température considérée.

D'autre part, M. Legrand se trouvait naturellement conduit à reprendre l'étude de la dissolution si curieuse du sodium métallique dans l'ammoniaque, qui donne naissance à un liquide bleu foncé, de conductibilité élevée, et qui, d'après M. Cady, offrirait l'exemple unique d'une dissolution jouissant de la conductibilité métallique. En effet, les électrodes de platine ne présentent pas de polarisation appréciable et il ne se produit aucune différence de concentration autour des deux électrodes. Ces arguments ne sont pas suffisants pour faire rejeter l'existence d'une électrolyse; ils prouvent seulement que, dans ce cas, les deux ions ont la même vitesse de migration. M. Legrand a pu affirmer que cette dissolution demeure bien un électrolyte, car elle présente le caractère commun et spécifique des dissolutions aqueuses ou ammoniacales de posséder, au point de vue de la conductibilité, un coefficient de température de même sens et de même ordre de grandeur; la conductibilité croît avec la température, tandis que, pour tous les métaux et alliages, elle décroît.

En dehors de ces résultats principaux, M. Legrand a pu remarquer qu'au voisinage de leurs températures correspondantes, l'ammoniaque et l'eau ont des coefficients de viscosité égaux, et les dissolutions aqueuses et ammoniacales ont sensiblement le même coefficient de température. Mais le coefficient de viscosité de l'ammoniaque liquide n'obéit pas à la loi de Grossmann, que M. Bouty et M. Foussereau ont vérifiée pour les sels dissous et les sels fondus. Enfin, pour contrôler le lien qui, d'après les théories d'Arrhénius, doit exister entre la conductibilité électrique et l'abaissement moléculaire de la force élastique maxima de la vapeur, l'auteur a commencé une série d'expériences d'ébullioscopie qui l'ont déjà conduit à confirmer l'existence de cet abaissement, c'est-à-dire que la force élastique maxima de la vapeur de la dissolution saline est inférieure à celle de l'ammoniaque seule.

EDGARD HAUDIÉ,
Professeur à l'École Navale.

Charpentier (Paul), *Ingénieur électricien.* — **Essais et vérifications des Canalisations électriques en fabrication, à la pose et en exploitation.** — 1 *vol. in-8° de 375 pages.* (*Prix : 15 fr.*) *Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1902.

L'ouvrage que M. Charpentier a publié il y a quelque temps présente un double intérêt: d'une part, c'est un excellent résumé des principales méthodes de mesures généralement en usage dans les essais de câbles; d'autre part, il montre très clairement comment ces méthodes doivent être employées lorsqu'on ne peut interrompre le service d'exploitation.

L'auteur a voulu que son livre fît un tout complet, sans cependant tomber dans d'interminables descriptions de canalisations, boîtes de jonction, etc., descriptions généralement aussi fastidieuses qu'inutiles, sur lesquelles il lui aurait été, sans doute, facile de s'étendre à perte de vue. M. Charpentier a fait complètement abstraction de cette partie descriptive pour se concentrer uniquement sur son sujet; ses lecteurs lui en sauront sans doute gré.

Les premiers chapitres comprennent un exposé très clair des principales méthodes de mesures, ainsi que la description et le mode d'emploi des instruments les plus employés dans les essais de canalisations. Ces pages, d'une lecture facile, éviteront au lecteur l'ennui de recourir constamment à d'autres ouvrages; elles servent, en quelque sorte, d'introduction.

C'est avec l'étude des essais de fabrication que l'on entre dans le vif du sujet. L'auteur passe en revue les mesures de résistance, d'isolement, en indiquant la préparation du câble et les précautions à prendre dans ces mesures. Il donne la description d'une méthode personnelle permettant d'augmenter considérablement la rapidité des mesures.

Les pages consacrées à la détermination des capacités nous ont paru un peu sommaires; peut-être l'auteur aurait-il pu insister davantage sur cette question. La façon dont la capacité des câbles concentriques ou symétriques doit être envisagée présente quelque intérêt, particulièrement lorsque ces câbles utilisent les courants polyphasés; quelques détails à ce sujet n'auraient pas été inutiles.

Le chapitre qui traite des essais à haute tension et des phénomènes de résonance est assurément un des plus instructifs de l'ouvrage. Il n'est pas de méfait dont ces phénomènes de résonance n'aient été accusés pendant ces dernières années; M. Charpentier a donc fort bien fait de donner un résumé quelque peu détaillé de cette question capitale, en s'appuyant sur les remarquables travaux de M. Maurice Le Blanc.

L'attention des électriciens ne saurait être trop

attirée sur l'importance de cet ordre de phénomènes et sur les précautions à prendre pour les éviter.

La seconde moitié du volume est consacrée aux essais de câbles pendant la pose et aux vérifications plus délicates que l'on doit faire en service d'exploitation. Le contrôle des réseaux électriques pendant le service fait l'objet d'une étude spéciale de l'auteur, qui consacre à cette question son dernier chapitre.

La critique des méthodes employées jusqu'ici est faite avec beaucoup de compétence et l'auteur y expose une méthode personnelle fort intéressante.

En résumé, cet excellent ouvrage se recommande à tous les électriciens et chefs de stations par sa lecture facile et par les renseignements précieux qu'il fournit.

CH.-E. GUYE,
Professeur à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Foureau (F.). — **D'Alger au Congo par le Tchad.** — 1 *vol. in-8° de* 830 *pages, avec* 170 *figures et* 1 *carte.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris,* 1902.

Ce volume est le journal de route tenu par le chef de la Mission saharienne (Foureau-Lamy) depuis le départ d'Ouargla, en octobre 1898, jusqu'à l'arrivée au bas Congo, en juin 1900. L'importance du but politique et militaire poursuivi (de concert avec les Missions Voulet-Chanoine-Meynier et Gentil), le programme scientifique rempli de tous points, suffiraient à mettre l'ouvrage hors de pair parmi les récits de voyage récemment publiés. Mais il a un autre titre au succès : la séduction véritable de la forme. Le lecteur le moins initié aux choses d'Afrique goûtera comme un drame le vivant spectacle de la lutte quotidienne soutenue par ces hommes depuis les dunes du Sahara d'Algérie jusqu'aux marais et aux puissants cours d'eau de la région du Tchad. Les géographes y trouveront à préciser et à compléter beaucoup de notions déjà vieilles, notamment sur les caractères du relief du sol dans le désert, sur l'aspect physique, la végétation et la faune de l'Aïr, sur les conditions d'existence des Touareg, sur les caravanes sahariennes. Il ne sera même pas superflu d'indiquer ici que bien des pages offrent un intérêt hors ligne, par leur exactitude et leur couleur, pour ceux qui font métier d'enseignement. Un itinéraire en grande partie nouveau dans la traversée du Sahara et du Damergou, des observations précises sur la nature des terrains, sur les espèces végétales, sur les particularités anthropologiques, tels sont les autres mérites de ce livre, mérites auxquels M. Foureau avait depuis longtemps habitué le monde savant.

J. MACHAT,
Professeur agrégé d'Histoire et de Géographie au Lycée de Bourges.

Kieffer (Abbé J.-J.). — **Monographie des Cynipides d'Europe et d'Algérie.** *Tome I* : **Ibalynæ et Cynipinæ.** — 1 *vol. grand in-8° de* 687 *pages, avec* 27 *planches dont* 4 *coloriées.* (*Prix* : 40 *fr.*) *A. Hermann, éditeur. Paris,* 1902.

Ce volume fait partie du beau Species des Hyménoptères entrepris par Edmond André, dont un certain nombre de tomes ont déjà paru. La compétence bien connue de M. Kieffer en Zoocécidies est un sûr garant que la présente monographie rendra de précieux services aux systématistes et aux biologistes ; on sait que les Cynipides, malgré leur humble apparence, présentent un grand intérêt d'ordre général : la plupart d'entre eux sont des espèces gallicoles, auteurs de ces excroissances végétales si variées et souvent si élégantes, qui de tout temps ont attiré l'attention ; leur reproduction n'est pas moins intéressante ; à côté des espèces purement et exclusivement parthénogénétiques chez lesquelles les mâles manquent totalement, il en est d'autres à générations alternantes, compliquées de dimorphisme, les formes de printemps ou d'été comprenant mâles ou femelles et différant, tant par leur aspect que par les galles qu'elles produisent, des formes d'hiver, qui ne comprennent que des femelles parthénogénétiques. On trouvera, du reste, dans le livre de M. Kieffer un bon exposé de nos connaissances sur la formation et la structure des galles et la reproduction des Cynipides.

La partie systématique comprend des tables dichotomiques pour la détermination des galles et d'autres tables pour celle des Insectes ; la reconnaissance des premières facilite du reste beaucoup la détermination de leurs habitants, qui ne présentent que des différences spécifiques assez délicates à reconnaître ; aussi la grande majorité des planches est-elle consacrée très justement à la figuration des galles.

Le second volume de la Monographie, en cours de publication, comprendra les Cynipides non gallicoles.

L. CUÉNOT,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Stratz (Dr D. C. H.). — **La Beauté de la Femme,** *traduit de l'allemand par* R. WALHY. — 1 *vol. in-8° de* 337 *pages, avec* 180 *photographies.* (*Prix* : 20 *fr.*) *Gaulthier, Magnier et Cie, éditeurs. Paris,* 1902.

Depuis longtemps déjà, un courant irrésistible vient placer la Science à la base de toutes les activités humaines.

L'Art lui-même, ce sentiment émotionnel par excellence, tend à devenir de plus en plus scientifique et, si cela continue, on verra peut-être bientôt les élèves des Beaux-Arts venir faire une année d'études préparatoires à la Faculté des Sciences, comme le font actuellement leurs camarades en Médecine.

Depuis Léonard de Vinci, il est vrai, l'Anatomie a été constamment mise au service de la représentation du corps humain. MM. Paul Richer et Paul Gaultier veulent plus encore. Faisant appel à d'éminents savants comme à de distingués écrivains d'art, ces deux novateurs se sont proposé de créer une œuvre où l'Art et la Science doivent tenir une égale place, s'aidant réciproquement en un sujet où ils peuvent se rendre de mutuels services.

Ce sujet est la forme humaine, considérée sous tous ses aspects et dans toutes conditions : chez l'homme, la femme, l'enfant et le vieillard, dans les mouvements professionnels, les sports, la physionomie humaine, etc.

Le premier livre qui vient de paraître dans cette collection répond très bien à ce programme, par le double caractère scientifique et artistique qu'il présente. C'est un travail consacré à l'étude des formes extérieures du corps de la femme parfaitement conformée, c'est-à-dire parfaitement saine ; d'où le titre de l'ouvrage, qui peut tromper, à première vue, sur son caractère, qui est pourtant strictement scientifique.

L'auteur de ce travail original, le Dr Stratz, nous montre d'abord quelles doivent être et quelles sont, en effet, les véritables proportions d'un corps de femme. Puis il étudie les différents facteurs qui viennent influencer ce corps : le genre de vie, les maladies, le sexe, l'âge, l'hérédité et le costume actuel. Ensuite, il prend à part les différentes parties du corps féminin, nous montre la beauté de la couleur et celle du mouvement de ce corps, et enfin termine son travail par les applications pratiques de la conception scientifique de la beauté.

De nombreuses photographies prises sur nature viennent à l'appui de cette étude ; en même temps, elles constituent une collection documentaire du plus haut intérêt.

Si nous ajoutons, enfin, que les éditeurs ont su présenter ce livre de façon que sa lecture fût aussi agréable qu'instructive, c'est dire que nous augurons bien de l'avenir d'une pareille tentative.

Dr GUSTAVE LOISEL,
Préparateur aux Facultés des Sciences et de Médecine de Paris.

4° Sciences médicales

Landouzy (L.), *Chef de Clinique médicale à l'Hôpital Laënnec*, et **Jayle** (F.), *Chef de Clinique gynécologique à l'Hôpital Broca.* — **Glossaire médical**, *contenant* 9.500 *mots, noms ou expressions.* — 1 *vol. in-8° de* 669 *pages avec* 426 *gravures.* (*Prix* : 16 *fr.*) *C. Naud, éditeur. Paris,* 1902.

Les progrès rapides de la Médecine et de la Chirurgie en ces derniers temps ont amené les savants à forger une foule de mots nouveaux ; d'autre part, dans le monde médical, on a pris l'habitude de donner des noms d'hommes à des doctrines, des organes, des maladies, des méthodes d'examen nouvellement décrites : la nomenclature médicale s'est singulièrement développée et compliquée. Un lecteur, même très érudit, a souvent beaucoup de difficultés à comprendre maintes expressions rencontrées dans les ouvrages spéciaux : thèses, mémoires, revues ou journaux médicaux.

MM. Landouzy et Jayle ont fait œuvre extrêmement utile en mettant à la portée des étudiants, des praticiens et des hommes de science un recueil d'une forme peu encombrante, destiné à éviter aux travailleurs des recherches longues et fastidieuses. Ce glossaire contient les noms propres, les noms de localités, les néologismes, les abréviations qui sont aujourd'hui courantes dans la langue médicale. Ce n'est pas une simple nomenclature de mots nouveaux : les auteurs ont pris soin de placer aux endroits voulus des explications historiques fixant le lecteur sur le lieu, l'époque où est apparue une méthode nouvelle, où a pris naissance un progrès, quel qu'il soit, dans l'une des branches de la Médecine ; ils en ont fait ainsi non seulement un glossaire au sens propre du mot, mais une sorte de répertoire historique de la Science et de l'Art médical.

L'enseignement par les yeux a pris de nos jours une importance extrême ; aussi MM. Landouzy et Jayle ont enrichi leur œuvre de nombreuses figures très nettes et très claires. A la fin du volume sont placées pusieurs cartes permettant au chercheur de trouver rapidement les indications touchant les stations minérales, les stations marines et climatériques de France.

Pour mener à bien un tel livre, il a fallu à la fois une somme énorme de labeur et une connaissance très étendue de la Médecine tout entière.

Le *Glossaire médical*, complet et commode répertoire de la Science médicale, est indispensable à toute bibliothèque scientifique. Dr P. Desfosses.

Springer (Dr Maurice). — **L'Énergie de croissance et les Lécithines dans les décoctions de céréales.** — 1 *vol. in-*12 *de* 165 *pages* (*de l'Encyclopédie des Aide-Mémoire*). (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Masson et Cie, éditeurs. Paris,* 1902.

Depuis une dizaine d'années, M. Springer n'a cessé d'étudier les phénomènes de la vie pendant la croissance. D'analyse difficile, ces phénomènes n'ont trouvé jusqu'ici que des interprétations vagues, quoique d'allure scientifique. M. Springer s'est efforcé d'en faire une étude plus rationnelle.

L'énergie de croissance, telle qu'il la définit, donnant au mot *énergie* un sens un peu différent de celui qui a cours en Mécanique, est l'ensemble des « forces » qui, contenues en puissance dans l'organisme vivant, vont produire tous les phénomènes du développement de cet organisme.

Deux groupes de « forces » ont un rôle prépondérant : l'un vient de l'hérédité, l'autre de la fécondation. L'ovule possède une énergie latente, que la fécondation rend vive. Il en résulte une formation d'innombrables cellules. Puis interviennent, avec l'alimentation, de nouvelles sources d'énergie, dont une partie est destinée à assurer la croissance du jeune organisme.

Parmi les substances qui augmentent et mettent en activité ces diverses « forces », M. Springer compte les lécithines, la potasse, les oxydases et l'eau. Les lécithines, réserve phosphorée, dont le sol même est le dépositaire, ont dans la croissance des êtres un rôle important. Les tissus en sont d'autant plus chargés que leur croissance est plus près de son début. La potasse semble activer l' « énergie de croissance » : sa disparition l'arrête. Les oxydases permettent aux fermentations cellulaires de trouver, en quantité grande et renouvelable, l'oxygène qui est nécessaire à leur production. M. Gabriel Bertrand a montré que la croissance est d'autant plus rapide que les oxydases sont plus actives. Quant à l'eau, on sait que, sans elle, tout acte biologique est nul. Les phénomènes d'osmose, de dialyse, de capillarité ont un rôle capital dans la nutrition, partant, dans l'accroissement. Mais M. Springer considère aussi dans la croissance l'énergie électrique. « Toutes les manifestations vitales du protoplasma », dit-il, « s'accompagnent de phénomènes chimiques corrélatifs de manifestations électrogéniques. Il en résulte que, plus l'activité chimique est intense, plus les phénomènes d'électrogénèse cellulaire sont accentués. » Or, c'est dans la croissance que l'activité chimique est la plus vive.

Les lécithines animales sont de même nature que les lécithines végétales. Les décoctions de céréales, employées depuis longtemps par l'auteur dans un but thérapeutique, ont une action similaire à celle que d'autres observateurs ont constatée avec la lécithine. Cette remarque a amené M. Springer à rechercher la lécithine dans les décoctions. Les graines de céréales en contiennent dans une proportion variant entre 0,57 et 0,74 °/o. Ce fait a été confirmé par les analyses plus récentes de M. G. Bertrand. En effet, « la décoction de céréales renferme, à côté d'une certaine proportion de phosphates, des composés phosphorés organiques dont les uns dérivent d'un commencement d'hydrolyse des lécithines et dont les autres sont, à l'heure actuelle, de constitution tout à fait inconnue ».

Comment l'organisme emploie-t-il les lécithines qui lui parviennent par la voie alimentaire et qui sont détruites par les sucs digestifs? M. Springer répond à cette question en montrant que l'organisme prend la lécithine d'une part dans les réserves qu'en font les tissus déjà formés, d'autre part par une synthèse faite aux dépens de l'albumine, des phosphates et de la graisse. Pour M. Springer, le tissu cellulaire serait une notable réserve de la lécithine.

Pratiquement, pour qu'elles aient toute leur action tonique, il faut que les solutions de lécithine soient très fraîches. M. Springer revient souvent, insiste sur ce point. Il ne faut employer les décoctions de graines de céréales que fraîchement préparées. Ces décoctions (blé, maïs, seigle, orge, avoine) ont une action manifeste sur le développement des jeunes sujets. Par les substances qu'elles contiennent, lécithine et autres, et cela résulte des recherches de Desgrez et Zaky, elles facilitent la calcification du cartilage : on stimule la nutrition en chargeant de phosphore les centres nerveux, qui sont le régulateur des phénomènes de développement.

M. Springer a constaté les mêmes bons effets des décoctions de céréales dans le cours de certaines maladies, comme la fièvre typhoïde et les maladies infectieuses. Il a pu, chez des nourrices, augmenter la sécrétion lactée, améliorer la quantité du lait et accroître parallèlement le poids de la nourrice et du nourrisson.

L'emploi de ces décoctions n'est toutefois pas applicable à tous les cas. Elles sont contre-indiquées chez les dyspeptiques et les dilatés, bref, chez ceux dont le tube digestif est en état d'infériorité. En outre, M. Springer met en garde contre la tendance qu'on peut avoir d'aromatiser les décoctions avec des boissons spiritueuses, kirsch, cognac, etc., ce qui, chez les jeunes sujets, conduirait facilement à un alcoolisme déguisé.

On voit, d'après ce rapide aperçu, l'importance des questions exposées dans ce volume, la nouveauté des interprétations et l'application pratique qu'on en peut faire. Dr A. Létienne.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 5 Janvier 1903.

M. **Bouquet de la Grye**, président sortant, fait connaître à l'Académie l'état des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi ses membres dans le cours de l'année 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Korn** définit une nouvelle catégorie de fonctions, dites *fonctions universelles* dans l'espace, qui offrent une grande analogie avec les fonctions harmoniques de M. Poincaré, et jouent un rôle important dans la théorie des vibrations universelles. — M. **M. d'Ocagne** indique une classification nouvelle des modes de représentation nomographique des équations à un nombre quelconque de variables. — M. **B. Mayor** montre comment sa méthode de représentation plane de l'espace s'applique à la solution graphique des problèmes de la Statique. — M. le Cl **Laussedat** signale les tentatives d'application de la stéréoscopie au lever des plans, par la prise de photographies stéréoscopiques aux deux extrémités d'une base convenable. Par le même moyen, on a essayé également de mesurer la parallaxe de planètes et d'étoiles. — M. **Ch. Frémont** montre que, par suite de l'hétérogénéité des rails, il est préférable de faire porter l'essai au choc plus spécialement sur la partie centrale du bourrelet du rail.

2° Sciences physiques. — M. **E. Bouty** montre que, des deux termes dont la somme donne le champ critique nécessaire pour vaincre la cohésion diélectrique des gaz, l'un est bien une constante caractéristique du gaz, tandis que l'autre se rapporte à une action localisée à la paroi. — M. **Th. Moureaux** donne les valeurs absolues des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1903. — M. **A. Gautier** a remarqué que la composition des gaz des fumerolles du Mont-Pelé, abstraction faite de la vapeur d'eau et de l'air mélangés, correspond point par point à celle des gaz qu'il a obtenus en chauffant dans le vide les roches cristalloïdes des terrains primitifs à la température du rouge naissant. — Le même auteur réfute les nouvelles objections de M. A. Leduc sur la proportion de l'hydrogène dans l'air. — M. **A. Job** a constaté que l'acétate de lanthane excite l'oxydation de l'hydroquinone avec une activité égale à celle de l'acétate de cérium; ce fait doit être dû à l'existence d'un peroxyde de lanthane. — M. **G. Cartaud** a observé que la surface libre de certains corps amorphes, après dessiccation spontanée, présente l'aspect d'un tissu cellulaire microscopique; on constate, en outre, dans chaque cellule la présence constante d'un noyau circulaire en relief. Ces observations se rapprochent de celles de M. Bénard sur les liquides. — M. **A. Trillat** a oxydé l'ammoniaque et les amines par action catalytique en présence d'une spirale de platine chauffée. L'ammoniaque donne de l'acide nitrique, de l'acide nitreux et de l'azote. Les amines de la série grasse sont décomposées en donnant les produits d'oxydation résultant de l'action catalytique sur l'ammoniaque et les alcools. — M. **C. Marie** a préparé une série d'acides oxyphosphiniques gras soit en chauffant un mélange d'acide hypophosphoreux et d'aldéhyde et oxydant le produit de la réaction, soit en chauffant un mélange d'acide phosphoreux et d'aldéhyde. La première méthode donne les meilleurs résultats. — M. **G. Chavanne**, en traitant l'acide isopyromucique par le brome, a obtenu un dérivé de substitution monobromé $C^5H^3BrO^3$. Cet acide contient vraisemblablement un groupement lactonique juxtaposé à un groupement énolique. — MM. **F. Bordas** et **S. de Raczkowski** ont constaté que le lait perd d'autant plus de ses lécithines par décomposition qu'il est chauffé à une température plus élevée.

3° Sciences naturelles. — M. **Ch. Henry** a déterminé le travail statique du muscle; le rendement des travaux est minimum quand le muscle travaille au maximum, ce qui distingue absolument le muscle des moteurs industriels. — MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** ont observé que la peau autoplastiée a gardé sa sensibilité propre, tout en s'adaptant aux régions sous-jacentes. De même, elle a conservé des réactions vasomotrices indépendantes, dans une grande mesure, de celles des régions environnantes. — M. **A. Kuliabko** est parvenu à ranimer, trente heures après la mort, le cœur d'un enfant âgé de trois mois, en le soumettant à la circulation artificielle d'après la méthode de Langendorff et avec le liquide de Locke, chaud et saturé d'oxygène. — M. **M. Philippson**, par des expériences sur les réflexes locomoteurs, a confirmé l'influence inhibitrice des centres supérieurs et du cerveau ainsi que l'importance des réflexes croisés au point de vue de la coordination des mouvements bilatéraux. — MM. **Th. Simon** et **J.-Ch. Roux** présentent un nouvel ergomètre, permettant de déterminer le travail fourni par le premier muscle interosseux dorsal qui produit l'abduction de l'index. — M. **L. Bruntz** a reconnu l'existence, chez les Diplopodes, par la méthode des injections physiologiques, de reins labiaux et d'un organe phagocytaire typique. — M. **A. Lacroix** signale des faits de métamorphisme endomorphique observés dans les ruines de Saint-Pierre. Partout où les murs d'andésite se sont ramollis par suite de l'incendie, et se sont trouvés au contact d'objets en fer, on retrouve dans la roche des cristaux de magnétite et de fayalite. — M. **Yung** signale une série de secousses sismiques enregistrées à Smyrne dans les trois derniers mois.

Séance du 12 Janvier 1903.

L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, la liste suivante de candidats pour la chaire de Paléontologie laissée vacante au Muséum par la retraite de M. A. Gaudry : 1° M. **M. Boule**; 2° M. **Ch. Depéret**. — M. le Président annonce le décès de M. **Sirodot**, correspondant pour la Section de Botanique.

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. Riquier** indique l'existence, dans certains systèmes différentiels, d'intégrales répondant à des conditions initiales données. — M. **T. Levi-Civita** étudie les trajectoires singulières du problème restreint des trois corps. — M. **B. Mayor** poursuit ses recherches sur l'application de son mode de représentation plane de l'espace à la solution des problèmes de Statique graphique. — M. **P.-J. Suchar** cherche à montrer que le mouvement est toujours transformable en un autre réciproque : 1° lorsque la force donnée est centrale; 2° lorsque la force ne dépend que de la position du mobile.

2° Sciences physiques. — M. **A. Ponsot** conclut de ses recherches que la résistivité est nulle au zéro absolu pour les corps dans lesquels le passage du courant ne produit aucune modification chimique, mais qu'on ne connaît pas la relation entre la résistivité et la température absolue. — MM. **G. Charpy** et **L. Grenet** ont constaté que la trempe à l'huile et la trempe à l'eau à une température inférieure à 900° ne modifient pas sensiblement le coefficient de dilatation des aciers; mais la trempe à l'eau froide de petits barreaux à haute température fait apparaître dans la courbe de

dilatation deux contractions brusques aux environs de 150° et 300°. — M. **P. Lebeau** a préparé les deux siliciures de manganèse $SiMn^2$ et SiMn soit en fondant un alliage de cuivre et de manganèse avec le silicium, soit en réduisant un mélange de fluosilicate de potassium et de Mn^3O^4 par le sodium en présence de cuivre. — MM. **E. Charon** et **E. Dugoujon** ont préparé le chlorure de cinnamylidène en laissant tomber goutte à goutte l'aldéhyde cinnamique froid dans le perchlorure de phosphore; on l'isole soit par distillation dans le vide, soit par cristallisation et essorage. Il cristallise en écailles blanches fondant à 54°. — M. **J. Hamonet** : Action du sodium sur le phénoxypropane iodé 1 : 3 (voir p. 109). — MM. **A. Haller** et **J. Minguin** ont constaté que le produit d'addition de l'acide bromhydrique avec le benzylidènecamphre se distingue nettement de ses isomères, les benzylbromocamphres, en ce qu'il peut donner naissance, par rupture du noyau, à de l'acide phényloxyhomocampholique, alors que ces derniers ne fournissent, dans les mêmes conditions, que des benzylidènecamphres. Dans l'action du brome en excès sur le benzylcamphre, il se forme d'abord des B-bromobenzylbromocamphres, qui, par la potasse alcoolique, donnent naissance à des B-bromobenzylidènecamphres. — M. **Cartel** montre que la présence de nitrate de potasse dans le sucre à la dose de un millième ou moins encore, suivant la tolérance accordée au sucrage, suffit à révéler celui-ci dans les vins normalement fermentés et restés marchands dès que la teneur en sucre dépasse 3 à 5 kilogs par hectolitre. — MM. **Louïse** et **Ch. Riquier** proposent de nouvelles formules pour le calcul de l'écrémage et du mouillage dans les analyses de lait, où ils tiennent compte, dans la mesure du possible, de la diminution de volume due à l'écrémage. — MM. **R. Lépine** et **Boulud** ont constaté la suppression de la glycolyse dans le sang d'un chien assommé; l'addition d'adrénaline au sang *in vitro* ne diminue pas la glycolyse; celle de fluorure de sodium l'abolit. — MM. **Cadéac** et **Maignon** ont reconnu que le cœur est l'organe de l'économie qui produit le plus de sucre après le foie; les muscles lisses ne produisent qu'une très faible quantité de sucre après un temps prolongé. La production de sucre par ces tissus est en relation avec leur teneur normale en glycose. — M. **C. Vallée** montre qu'il y a, dans le péricarpe des amandes, une formation ou un afflux constant de sucres réducteurs et de saccharose; puis, ces hydrates de carbone vont s'accumuler dans la graine, où ils concourent à la formation de l'huile.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Tripet** a observé qu'aux grandes altitudes, la durée de réduction de l'oxyhémoglobine diminue au point d'atteindre et même de dépasser la moitié de la durée de réduction normale. Cette diminution est presque instantanée en ballon. — M. **J. Tissot** a déterminé l'influence des variations d'altitude sur les échanges respiratoires, à l'état de repos et à l'état de fatigue. — M. **F. Houssay** a reconnu que, sous l'influence de l'alimentation carnivore, le dimorphisme sexuel chez les Gallinacés croît puis décroît pour le pancréas, le gésier et les cæcums, décroît puis croît pour l'intestin, le poumon et le cœur, décroît constamment pour le foie. — M. **R. Dubois** a constaté que le mécanisme de formation de la pourpre est le même dans le genre *Purpura* que dans le genre *Murex*, c'est-à-dire qu'il résulte de l'activité d'une zymase : la purpurase. — M. **L. Launoy** a observé, dans les cellules de la glande hépato-pancréatique de l'*Eupagurus Bernardus*, des phénomènes de pyrénolyse : division du nucléole sans division nucléaire consécutive, pulvérisation d'un ou des nucléoles de division, exode ou dissolution des granulations internucléolaires. — M. **L. Joubin** décrit quelques Céphalopodes recueillis pendant les dernières campagnes du prince de Monaco aux Açores. — M. **J. Bonnier** signale deux types nouveaux d'Epicarides parasites d'un Cumacé et d'un Schizopode. — M. **Deprat** présente quelques résultats préliminaires de ses recherches géologiques sur l'île d'Eubée. — M. **P. Girardin** a reconnu que le mouvement de retrait des glaciers de la Haute-Maurienne se ralentit et s'arrête; ces glaciers, qui sont réduits à l'état de glaciers de plateaux, ont laissé à découvert des surfaces très inclinées sur lesquelles on peut étudier le travail d'érosion par l'eau courante. — M. **St. Meunier**, à propos d'une note de M. A. Gautier, rappelle qu'il a déjà émis une théorie volcanique semblable à celle de ce savant. — M. **M. Leriche** a retrouvé, dans le Paléocène belge, trois faunes ichthyologiques distinctes, correspondant respectivement à celles du Calcaire à *Lithothamnium*, du Thanécien et du Sparnacien du bassin de Paris.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Janvier 1903.

M. **A. Riche**, président sortant, résume les principaux travaux présentés à l'Académie pendant l'année 1902.

M. le Président annonce le décès de M. **P. Panas**, membre de l'Académie.

Séance du 13 Janvier 1903.

M. **Lancereaux** lit une notice nécrologique sur M. Panas. — M. **A. Josias** présente le Rapport de la Commission chargée d'étudier l'application de la loi du 15 février 1902 sur la protection de la santé publique. La Commission propose que, pour les maladies suivantes, la déclaration et la désinfection soient rendues obligatoires : 1° fièvre typhoïde, 2° typhus exanthématique, 3° variole et varioloïde, 4° scarlatine, 5° rougeole, 6° diphtérie, 7° pneumonie et broncho-pneumonie, 8° suette miliaire, 9° choléra et maladies cholériformes, 10° peste, 11° fièvre jaune, 12° dysenterie, 13° infections puerpérales (lorsque le secret n'a pas été réclamé), 14° ophtalmie des nouveau-nés, 15° méningite cérébro-spinale épidémique. La déclaration est facultative pour les maladies ci-après : 1° tuberculose pulmonaire, 2° coqueluche, 3° grippe, 4° érysipèle, 5° oreillons, 6° lèpre, 7° teignes, 8° conjonctivite purulente des adultes; pour ces maladies, le médecin ne pourra faire la déclaration, s'il le juge nécessaire, qu'après accord avec les familles. La déclaration est faite au maire et au préfet (ou sous-préfet); les autorités sont tenues de faire procéder aux mesures de désinfection nécessaires. — M. **A. Laveran**, continuant la discussion sur l'emploi de l'arrhénal dans le paludisme, signale de nombreux cas de paludisme grave ou de rechutes de fièvre intermittente où l'arrhénal n'a eu aucun effet.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 27 Décembre 1902.

M. **O.-F. Mayet** applique sa méthode de centrifugation à 0° à la détermination du poids des éléments figurés, avec leur humidité naturelle, et à celle du plasma dans un poids donné de sang. — M. **L. Camus** décrit un procédé de contention des animaux opérés, puis un dispositif pour la conservation et l'observation des grenouilles en expérience. — M. **P. Carnot** et Mlle **Deflandre** ont constaté que le foie fixe, après ingestion de différents corps gras, une assez forte proportion de graisses; cette proportion est beaucoup plus grande après absorption d'huiles animales qu'après absorption d'huiles végétales. — M. **L. Vialleton** montre qu'il existe une relation étroite entre la structure des ganglions et la présence des valvules dans les troncs lymphatiques. — M. **F. Battelli** a reconnu que, dans son passage à travers les tissus, l'adrénaline se transforme en oxyadrénaline, infiniment moins toxique. — Le même auteur a constaté que la quantité d'adrénaline existant dans les capsules surrénales présente une augmentation bien appréciable chez le chien soumis à un travail musculaire lorsque ce travail est suivi d'un repos de quelques heures. — M. **Motas** a étudié

une maladie du mouton fréquente en Roumanie, le *carceag*. C'est une piroplasmose, transmise par des ixodes (tique). — **MM. M. Doyon** et **A. Morel** ont observé que le carbonate de soude saponifie la monobutyrine à 37°, mais qu'il ne paraît pas exercer d'influence sur l'action du sérum vis-à-vis de ce corps. — **M. P. Bonnier** attribue au noyau de Deiters le syndrome bulbaire suivant : vertige avec dérobement partiel ou total de l'appareil de sustentation et troubles oculo-moteurs réflexes, état nauséeux et anxieux, phénomènes auditifs passagers et manifestations douloureuses dans certains domaines du trijumeau. — **M. Ch. Pérez** rappelle les idées de Lamarck sur les causes de la métamorphose chez les Insectes. — **M. Bigart** a constaté la présence d'une forte proportion de *mastzellen* dans le sang d'un malade atteint de cirrhose de Hanot. — **MM. J. Castaigne** et **F. Rathery** ont reconnu que la bordure en brosse des *tubuli contorti* est une des parties de la cellule qui résistent le mieux aux lésions expérimentales, tant aiguës que chroniques. — Les mêmes auteurs ont trouvé la bordure en brosse aussi bien chez l'homme que chez les animaux; elle persiste dans les cas de néphrite interstitielle, mais fait défaut dans la néphrite syphilitique et la polyonéphrite. — **MM. V. Morax** et **A. Marie** ont observé que, dans l'action neutralisante du cerveau sur les toxines, deux propriétés différentes interviennent : l'une, de beaucoup la plus importante, ne résiste pas à la dessiccation; l'autre paraît absolument fixe et n'est pas modifiée par des températures élevées. — **M. J.-A. Sicard** communique quelques réflexions sur la perméabilité méningée. — **M. M. Dupont** présente un appareil destiné à mesurer la capacité respiratoire. — **M. P. Mulon** a observé que l'excrétion des capsules surrénales du cobaye dans les vaisseaux sanguins se fait de deux façons : en partie par fonte cellulaire partielle, en partie par un processus holocrine. — **M. E. Géraudel** estime que l'ictère doit être rapporté à la cellule hépatique. Il est fonction de l'élément sécréteur, non du canal excréteur; de l'hépatite, non de l'angiocholite. — **M. Rietsch** a constaté une sensibilité très inégale, vis-à-vis de l'agglutination, des bacilles typhiques retirés du corps humain.

Le Bureau de la Société pour 1903 est ainsi constitué :

Vice-présidents : **MM. Bloch** et **A. Gautier**;

Secrétaires annuels : **MM. Capitan, Delezenne, Jolly, Meillière**;

Trésorier : **M. G. Weiss**;

Archiviste : **M. A. Pettit.**

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 16 Décembre 1902.

M. J. Cotte a constaté que les gemmules de *Suberites* peuvent donner directement naissance à de nouvelles gemmules sans passer par l'état adulte. — **M. L. Bordas** a étudié le tube digestif de la nymphe d'*Acherontia atropos*. Cette nymphe possède six tubes de Malpighi, en deux groupes, se fusionnant chacun en un groupe collecteur unique qui s'ouvre à l'origine de l'intestin postérieur. — **MM. J. C. Gauthier** et **A. Reybaud** ont obtenu la transmission de la peste des rats par les puces de ces animaux, mais non par les autres parasites. — **M. C. Gerber** a étudié l'action des vapeurs d'amylène sur la respiration des fruits charnus sucrés; ce corps doit être préféré au chloroforme et à l'éther comme anesthésique dans les expériences de physiologie végétale. — **M. Alezais** a reconnu que l'articulation du coude de la taupe permet aux os de l'avant-bras une certaine mobilité l'un sur l'autre, en même temps qu'ils se meuvent sur l'humérus, sans qu'il y ait à proprement parler de prono-supination. — **M. Ch. Livon** a observé que le principe actif des capsules surrénales dialysé, bien qu'il conserve son pouvoir hypertensif, mais qu'en vieillissant il devient dangereux pour le cœur. — **M. V. Audibert** pense que le leucocyte éosinophile sert à combattre les poisons que contient le sang et même les tissus, et à neutraliser dans l'économie les substances nuisibles au bon fonctionnement des organes. — **M. Ed. Hawthorn** a déterminé la flore intestinale du nourrisson dans les diverses régions de l'intestin à l'état normal et pathologique. — Le même auteur a constaté que la toxicité des matières fécales du nourrisson s'élève dans de grandes proportions au cours des infections digestives aiguës; elle diminue avec la guérison de l'enfant. Au cours de la dyspepsie simple, cette augmentation est beaucoup moins prononcée. — **M. D. Olmer** a reconnu que les granulations essentiellement basophiles, accessoirement acidophiles, du *locus cœruleus* diffèrent des granulations oxyneutrophiles de Marinesco et des neurosomes de Held.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Décembre 1902.

M. G. Lippmann communique quelques considérations sur *la mesure absolue du temps*. Une mesure est dite *absolue* lorsqu'elle est déterminée au moyen de paramètres qui sont d'une autre nature que la grandeur à mesurer. Tous les phénomènes de gravitation peuvent servir à la mesure absolue du temps. On peut employer le pendule, par exemple, pourvu que l'on adopte pour unité de force celle qui rend égale à 1 la constante de l'attraction universelle. L'unité de temps ainsi définie est indépendante du choix de l'unité de longueur; elle ne dépend que de la nature de la substance qui présente la masse unité sous l'unité de volume. Dans un pareil système, la masse, le champ, etc., électrostatiques auraient les mêmes dimensions que la masse, le potentiel, le champ newtoniens. Une mesure absolue du temps peut encore être réalisée en prenant pour unité la résistance spécifique absolue d'une substance déterminée, le mercure par exemple. On effectue, à l'aide d'une pile de force électromotrice E, la charge d'une capacité C, que l'on décharge un nombre n de fois par seconde tel qu'il soit constaté au galvanomètre différentiel égalité entre le débit de décharge et le débit de la même pile dans un circuit de résistance R. On satisfait, dans ces conditions, à la relation :

$$i = \frac{E}{R} = ECn,$$

et celle-ci se transforme, si l'on pose :

$$\theta = \frac{1}{n} \qquad \text{et} \qquad R = \rho\frac{l}{s},$$

en

$$\theta = C\rho\frac{l}{s}.$$

Ici encore, comme dans le cas précédent, la durée θ, qui sépare deux décharges successives, est indépendante du choix de l'unité de longueur adoptée. Cette expérience a déjà été réalisée par M. H. Abraham. Elle permet encore de contrôler, avec une précision que l'on peut pousser aussi loin que l'on veut, la constance d'un intervalle de temps. — **M. P. Curie** fait remarquer que les phénomènes de radioactivité qu'il a étudiés récemment fournissent le moyen de définir un étalon de temps. Lorsqu'on a activé, à l'aide d'une solution de radium, l'air à l'intérieur d'un tube de verre, on peut sceller le tube et constater ensuite que le rayonnement des parois diminue avec le temps suivant une loi exponentielle. La loi se vérifie pour des intervalles de temps considérables : l'intensité du rayonnement diminue de moitié en 4 jours (plus exactement 3 jours $23^h\,40^m$). La constante de temps définie par ce phénomène est la même, quelle que soit la nature et la pression du gaz, quelles que soient la nature et les dimensions des parois du tube qui le renferme, quelle que soit la température (entre $-180°$ et $+500°$), quelle que soit la manière dont le tube ait été activé. Le temps ainsi défini est indépendant des unités adoptées pour les autres grandeurs physiques. — **M. R. Dongier**

présente les résultats que M. **Lesage** et lui ont obtenus en appliquant *la mesure de la résistance électrique à l'étude de quelques fermentations et de quelques cas pathologiques* avec le dispositif de Kohlrausch, sous la forme en usage au laboratoire d'Ostwald. L'emploi d'un diapason comme interrupteur de la bobine de Ruhmkorff, ainsi que d'un téléphone accordé sur le diapason, constitue la partie originale de cet appareil. En vue de leurs recherches spéciales, les auteurs ont substitué à la résistance métallique, à laquelle la résistance liquide est comparée, une solution saline contenue dans un vase scellé portant deux électrodes planes, platinées, et en face l'une de l'autre. La self-induction et la capacité affectent également les deux branches du pont et l'extinction est obtenue d'une manière parfaite lorsque le curseur du pont à corde est à la position où l'équilibre du pont de Wheatstone est réalisé ; ainsi modifié, l'appareil satisfait aux conditions d'une enquête exigeant des mesures rapides et suffisamment précises. 1° Les laits de Paris, observés pendant quelques mois, ont fourni à 16°,7 des valeurs de la résistivité comprises entre 230 et 275 ohms; le lait d'une même vache, observé pendant quatre mois, a varié dans des limites moins étendues, 245 à 265 ohms. L'appareil permet de suivre le mouillage qui élève la résistivité, ou la fermentation lactique qui l'abaisse. 2° La résistivité d'un bouillon de culture change en général sous l'action de l'évolution microbienne ; le microbe du tétanos l'abaisse, et cet abaissement ne serait pas dû à la présence de la toxine élaborée. D'autres l'élèvent; d'autres ne lui font subir aucune variation. 3° Les sérums sanguins d'hommes et d'animaux de boucherie, provenant d'individus adultes et sains, présentent des résistivités qui diffèrent peu les unes des autres : 97 à 104 ohms à 16°,7. La plupart des maladies de l'homme n'affectent pas la résistivité du sérum; l'urémie et, surtout, la fièvre typhoïde accusent cependant une élévation notable, jusqu'à 117 ohms. Dans le cas de la fièvre typhoïde, la résistivité atteint son maximum au début de la convalescence. — M. **Dongier** a étudié la *variation de la résistance électrique du nickel dans le champ magnétique*. M. Williams a constaté antérieurement que la longueur d'un échantillon de nickel, soumis à l'influence de champs magnétiques croissant jusqu'à 450 unités C. G. S., subit des variations qui présentent la même allure que celles de la résistance électrique. M. Dongier, ayant opéré avec des champs plus élevés, a observé l'existence d'un maximum de résistance lorsque le champ est voisin de 1.500 unités C. G. S.; la résistance depuis un champ nul jusqu'au champ du maximum augmente des $\frac{15}{1.000}$ de sa valeur pour un champ nul. La diminution de résistance que l'on observe lorsque l'on fait grandir le champ magnétique au delà de 1.500 unités a lieu d'une manière continue ; elle est, dans un champ de 24.000 unités, égale aux trois quarts de l'augmentation. D'après M. Nagaoka (*Congrès de Physique*, 1900, t. II, p. 531), la variation de longueur du nickel a lieu dans un sens toujours le même jusqu'à 2.300 unités. La variation de la résistance électrique ne saurait donc être rapprochée de celle de la longueur au delà de 1.500 unités C. G. S.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 26 Décembre 1902.

M. **A. Gautier** expose ses recherches sur l'hydrogène de l'air, son influence sur la détermination des autres gaz et la densité de l'azote. — M. **A. Hollard** indique une *application de la théorie des piles réversibles à deux liquides à la séparation quantitative des métaux* les uns d'avec les autres. Dans un des compartiments de la pile, il introduit la solution à analyser et une électrode en platine qui constitue le pôle — de la pile; dans l'autre compartiment, il introduit une lame de métal M, formant l'autre pôle, et une solution quelconque, bonne conductrice du courant, mais non susceptible d'attaquer la lame de métal M. Cette lame de métal M doit être électro-positive par rapport au métal que l'on veut séparer dans l'autre compartiment. On relie les deux pôles par un conducteur extérieur, et le métal qui est électro-négatif par rapport à la lame M se dépose seul électrolytiquement sur la lame de platine. — MM. **A. Brochet** et **Georges Ranson** ont étudié l'électrolyse des sulfures alcalino-terreux et notamment du sulfure de baryum. Les résultats sont sensiblement les mêmes que dans le cas de l'électrolyse du sodium. En solution étendue, les produits d'oxydation formés se déposent sur l'anode. En solution concentrée, il n'y a pas formation de ces produits d'oxydation, mais uniquement de baryte et de soufre. Dans le cas où l'on utilise un diaphragme, la baryte diffuse abondamment dans le liquide anodique; mais, comme elle est sans action sur les polysulfures formés extrêmement solubles, elle cristallise par refroidissement, de sorte que l'on peut la récupérer. Le liquide anodique peut être régénéré par saturation au moyen de sulfure de baryum; les polysulfures, insolubles dans la solution concentrée de monosulfure, précipitent et on peut les recueillir. — M. **Hamonet** expose les résultats de ses recherches sur le glycol hexaméthylénique ou butanediol-1 : 6. Il a repris la préparation du *diphénoxyhexane* au moyen du *phénoxypropane iodé*-1 : 3 et du sodium dans l'éther anhydre[1]. Rendement 60 %. Par l'action de HI sur ce diphénoxyhexane, il a obtenu le *diiodohexane*, liquide parfaitement incolore, bouillant à 163° sous pression de 17 millimètres. Refroidi par de l'eau glacée, ce corps cristallise en aiguilles qui fondent à + 9°,5. La *diacétine* correspondante est un liquide bouillant à 142° à la pression de 16 millimètres et à 262° à celle de 765 millimètres. Par saponification, elle a fourni un *glycol* bouillant à 254° à la pression de 767 millimètres et fondant à 41°. La constitution de ces corps a été établie par la transformation de l'hexane diiodé en nitrile subérique, puis en acide subérique fondant à 140°. Le nitrile subérique est un liquide bouillant à 185° sous la pression de 15 millimètres. Cristallisé par refroidissement au moyen d'un mélange de glace et de sel, il fond à — 3°,5-3°. — M. **Wahl** décrit le sel monosodique de l'acide nitroamidostilbènedisulfonique. Ce produit s'obtient par réduction partielle, au moyen du sulfure de sodium et en solution aqueuse, de l'acide dinitrostilbènesulfonique préparé par Green et Wahl[2]. — M. **Brunel** a étudié l'action de l'iode et de l'oxyde jaune de mercure en présence d'eau sur le cyclohexène. En employant l'éther comme solvant, on obtient l'éther monoiodhydrique d'un cyclohexanediol-1 : 2, $I.C^6H^{10}.OH$, corps cristallisé fondant à 41°,5-42°. En remplaçant l'éther par un alcool, ce dernier entre en réaction ; il se forme l'éther oxyde de l'iodhydrine correspondant à l'alcool employé. Par exemple, avec l'alcool méthylique on obtient le composé $I.C^6H^{10}.OCH^3$. Si, dans la préparation de l'iodhydrine, on emploie le bichlorure au lieu de l'oxyde de mercure, on obtient un chloroiodocyclohexane $I.C^6H^{10}.Cl$. — M. **Ch. Moureu** a examiné les gaz qui se dégagent des sources sulfureuses; il a rencontré presque toujours l'argon et une seule fois l'hélium. M. **Moissan**, à propos de la communication de M. Moureu, dit qu'il n'a jusqu'ici trouvé que l'argon dans les gaz des eaux sulfureuses. Il ajoute que ces eaux ne renferment pas de sulfhydrate de sulfure, et qu'il a pu constater la présence du soufre au griffon même ; vraisemblablement cette action n'est pas étrangère aux vertus curatives des eaux. — M. Béhal présente trois notes de M. **Cloez** : 1° sur la solubilité du gypse dans les solutions de sel marin; 2° cuisson du gypse ; 3° prise du plâtre. — M. **Bailhache** a envoyé une note sur les oxalomolybdites.

[1] Le phénoxypropane iodé-1 : 3 est un liquide bouillant à 155-156° sous 15 millimètres; il cristallise à + 12°.
[2] *D. ch. G.*, t. XXX, p. 3097.

Séance du 9 *Janvier* 1903.

Le Bureau de la Société pour 1903 est ainsi constitué :

Président d'honneur : M. M. **Berthelot**;

Président : M. V. **Auger**;

Vice-présidents : MM. A. **Haller, André, L. Maquenne** et **L. Lindet**;

Secrétaires : MM. A. **Béhal** et **G. Bertrand**;

Vice-secrétaires : MM. A. **Hébert** et **Ch. Moureu**:

Trésorier : M. **Petit**;

Archiviste : M. **Desgrez**.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Sciences physiques.

H. Ramage : Changements anormaux dans quelques lignes du spectre du lithium. — L'auteur a trouvé que les longueurs d'onde des lignes appartenant à la série principale et à la série subordonnée secondaire du spectre de flamme oxhydrique du lithium concordent avec celles données par Kayser et Runge pour les lignes du spectre d'arc; mais, excepté pour la ligne orange, il y a des différences considérables entre les lignes de la première série subordonnée. En commençant par la ligne orange et en allant vers les autres par ordre décroissant, les différences trouvées sont de 0,07, 0,70, 0,49, 0,39 et 0,28 unités, les longueurs d'onde des lignes de la flamme étant les plus grandes. A cause de ces différences, l'auteur a examiné le spectre d'arc dans un arc jaillissant dans l'air, puis dans un arc enfermé dans une brique de magnésie; il a étudié le spectre des différentes parties de la flamme extérieure et du noyau intérieur de l'arc. M. Ramage a examiné aussi le spectre d'étincelle avec et sans bouteille de Leyde dans le circuit secondaire.

Les conclusions de l'auteur sont que les lignes dans la série principale paraissent s'élargir et se renverser normalement. Les lignes dans la seconde série subordonnée ne se renversent pas, mais elles s'élargissent vers l'extrémité du spectre la moins réfrangible et elles deviennent diffuses de ce côté-là. La première ligne dans la première série subordonnée (λ=6.103,84) s'élargit et se renverse presque normalement. Les autres lignes de cette série s'élargissent plus rapidement sur le côté le plus réfrangible que sur l'autre. Le noyau intérieur des arcs intenses et les parties les plus rapprochées des pôles négatifs des arcs faibles et des étincelles donnent une large ligne renversée avec son centre à environ λ 4.602,4, tandis que la partie la plus rapprochée du pôle positif dans les arcs faibles et la flamme de l'arc donnent une ligne très brillante, λ 4.603,07, coïncidant avec les lignes du spectre de la flamme oxhydrique et de l'étincelle non condensée. Les longueurs d'onde enregistrées jusqu'ici pour ces lignes diffuses paraissent être celles des lignes anormales; les vraies lignes sont les lignes brillantes qui se produisent sans complication dans le spectre du lithium dans la flamme oxhydrique.

Sciences naturelles.

A. G. Levy : Une erreur dans l'estimation de la densité du sang par la méthode d'Hammerschlag, à l'aide d'hydromètres. — La méthode d'Hammerschlag consiste à faire varier la densité d'un mélange de chloroforme et de benzène par de petites additions successives d'un autre constituant jusqu'à ce qu'elle corresponde à la densité du sang; le résultat est atteint lorsqu'en faisant tomber une goutte de sang dans ce mélange, cette goutte reste suspendue sans monter ni descendre. La densité du mélange est alors estimée au moyen d'un hydromètre.

Cette méthode est connue comme étant sujette à des erreurs de plus ou moins grande importance. La cause de ces erreurs provient, ainsi que l'auteur l'a mis en évidence par une série d'observations, de la faible valeur de la tension superficielle du mélange ci-dessus par rapport à celle de l'eau qui a servi à graduer les hydromètres qui y sont plongés.

La tension superficielle du mélange peut être prise comme étant de 2,75 mg. par millimètre, et celle de l'eau propre d'un robinet de 7,3 mg. Voici les lectures de quatre hydromètres différents plongés dans un mélange d'une densité égale à 1000 :

Numéro de l'hydromètre . .	1	2	3	4
Lecture de l'échelle dans un mélange de chloroforme et de benzène d'une densité égale à 1.000	1,002	1,003	1,0095	1,010

L'auteur trouve, cependant, que les erreurs *calculées* sont supérieures dans chaque cas aux erreurs *observées*, ainsi que le font ressortir les chiffres du tableau suivant :

HYDROMÈTRE	ERREUR OBSERVÉE	ERREUR CALCULÉE
1.	0,002	0,0035
2.	0,003	0,0056
3.	0,095	0,0123
4.	0,010	0,0146

La différence a été expliquée d'une façon satisfaisante par une erreur première existant dans chaque hydromètre, due évidemment à l'étalonnage de l'instrument dans de l'eau sale (par exemple, grasse), laquelle possède une tension superficielle inférieure à 7,3 mg.

Ceci paraît être un défaut commun à tous les hydromètres.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Scance du 17 *Décembre* 1902.

M. H. J. H. Fenton a constaté qu'un dérivé du furfural obtenu dans la décomposition de certains hydrates de carbone, — et qui est soit le méthylfuryl $C^4H^3O.CO.CO.C^4H^2O.CH^3$, soit la cétone-aldéhyde $CHO.C^4H^2O.CO.C^4H^2O.CH^3$, — donne avec l'urée en présence de $POCl^3$ ou d'HCl sec une belle coloration bleue. Cette réaction, qui est d'une extrême délicatesse, est caractéristique pour les carbamides et leurs dérivés monosubstitués. — MM. **J. C. Cain** et **F. Nicoll** ont poursuivi leurs recherches sur la décomposition des sels diazoïques par ceux de la série du naphtalène. La réaction est monomoléculaire pour les sels diazoïques solubles préparés avec l'α et la β-naphtylamine, les acides naphtylaminedisulfoniques 1:8, 2:6, 2:7 et les acides naphtylaminedisulfoniques 2:6:8, 2:3:6. Pour les sels diazoïques insolubles des acides naphtylamine-sulfoniques 1:2, 1:4 et 1:5, la décomposition est représentée par l'équation x/t = constante, x étant le volume d'Az dégagé au temps t. — M. **J. Walker** donne une preuve nouvelle que l'acide carbonique en solution aqueuse obéit à la loi de dilution d'Ostwald. — Le même auteur indique une méthode de séparation de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain. Les sels sulfurés sodiques sont bouillis avec Na^2O^2 qui les convertit en un mélange d'arséniate, antimoniate et stannate de soude. L'étain est précipité ensuite à l'état d'hydrate par AzH^4Cl; puis on ajoute un excès d'acide; H^2S précipite l'antimoine à froid, tandis que l'arsenic reste dissous. — MM. **J. Walker** et **W. A. Fyffe** ont constaté que la solubilité de l'acétate de baryum est représentée par trois courbes (correspondant au trihydrate, monohydrate et sel anhydre), qui sont toutes convexes vers l'axe des températures. La courbe du monohydrate présente un minimum à 39° et celle du sel anhydre un minimum à 75°. — MM. **J. F. Thorpe** et **W. J. Young**, en traitant le β-méthylacrylate d'éthyle par le sodiocyanacétate et le dérivé sodé formé par l'iodure de méthyle, ont obtenu l'α-cyano-$\alpha\beta$-diméthylglutarate d'éthyle, huile incolore, Eb. 185° sous 20 mm.; l'acide correspondant est un solide blanc, F. 132°-133°. Chauffé avec HCl concentré, il donne d'une part l'acide *trans*-$\alpha\beta$-diméthylglutarique, liquide, de l'autre l'$\alpha\beta$-diméthylglutarimide, F. 113°, d'où l'on prépare par

hydrolyse avec H^2SO^4 l'acide *cis*-αβ-diméthylglutarique, F. 87°. — **M. J.-E. Marsh** rappelle que, seuls parmi les cyanures métalliques, ceux d'argent et de mercure ne sont pas oxydés par le permanganate; ce fait les rapproche des nitriles. Les autres cyanures, qui sont oxydés en cyanates, se rapprocheraient des carbamines. L'auteur représente le cyanure d'argent par Ag.C : Az, et le cyanure de potassium par K.Az:C. — **MM. J. E. Marsh** et **R. de J. F. Struthers** ont cherché à hydrolyser le groupe (CAz) des cyanures de mercure et d'argent sans le séparer du métal, mais ils n'y sont pas parvenus. Le cyanure de mercure est décomposé par l'acide sulfurique d'après l'équation : $2Hg(CAz)^2 + 2H^2O + H^2SO^4 = Hg^2SO^4 + 3HCAz + CO^2 + AzH^3$. Il est aussi décomposé par l'eau en tube scellé d'après le schéma : $Hg(CAz)^2 + 4H^2O = Hg + CO + (AzH^4)^2CO^3$. — **Mlle M. Gostling** a étudié le résidu noir qui reste après l'enlèvement des dérivés du furfurane comme produit de l'action des acides sur la cellulose. Il se rapproche beaucoup de la sacculmine (humus artificiel), obtenue par Sestini dans l'action de l'acide sulfurique sur le sucre de canne. — **MM. P. F. Frankland** et **H. L. Heathcote** et **Mlle H. Hartle** ont préparé l'acide dinitrotartrique et un certain nombre de ses éthers et mesuré leur pouvoir rotatoire. — **MM. P. F. Frankland, H. L. Heathcote** et **C. J. Green** ont préparé des dérivés nitrés des diéthylmonobenzoyl et mono-*p*-toluyltartrates et déterminé leur pouvoir rotatoire. — **M. K. J. P. Orton** a observé que les hydrates de chloro et bromonaphtalène-diazonium subissent facilement le même changement isomérique que les dérivés benzéniques correspondants, c'est-à-dire qu'en solution aqueuse leur sulfate acide se transforme rapidement en sel de diazo-naphtoquinone. — **MM. A. G. Perkin** et **A. B. Steven** ont préparé l'éther triméthylique de la purpurogalline, $C^{11}H^6O^2(OCH^3)^3$, F. 174°-177°, et son dérivé monoacétylé. Par digestion avec KOH concentrée, la purpurogalline est convertie en deux composés isomères, la *purpurogallone*, $C^{11}H^6O^5$, F. 260°-262°, et l'*isopurpurogallone*, fondant au-dessus de 300°. — **M. A. G. Perkin** a constaté que le gallate d'éthyle fournit par distillation du pyrogallol et de l'alcool éthylique, puis, vers la fin de l'opération, une matière colorante rouge, l'acide rufigallique (hexahydroxyanthraquinone). L'acide gallique donne aussi par distillation une petite quantité de cette substance. — **M. S. H. C. Briggs** a obtenu le sel double $(AzH^4)^2Ni(CrO^4)^2 6H^2O$ par addition de chromate d'ammonium à une solution d'un sel de nickel. Par action de l'ammoniaque sur les eaux-mères de la préparation du sel précédent, on obtient un nouveau sel double $(AzH^4)^2Ni(CrO^4)^2.2AzH^3$; les composés correspondants de Cu, Zn et Cd ont été formés par l'action de l'ammoniaque sur les dichromates.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION CANADIENNE

Séance du 25 *Novembre* 1902.

MM. J. H. James et **J. M. Nissen** décrivent une méthode pour l'analyse des briquettes de ferro-nickel. — **M. W. P. Kaufmann** a déterminé la composition des cendres volcaniques de la Soufrière de Saint-Vincent, tombées à la Barbade les 7-8 mai 1902.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 26 *Novembre* 1902.

MM. H. B. Stocks et **H. G. White** communiquent leurs recherches sur l'encollage des fils de coton préparatoire au tissage et les matières utilisées dans cette opération. Le collage a pour but d'améliorer l'aspect du tissu fini et d'en augmenter un peu le poids. Il y a deux sortes de collages : le collage pur et le collage pour poids. Dans le premier, on ajoute juste assez de matière au fil pour en faciliter le tissage, sans prendre en considération l'augmentation de poids, qui n'excède jamais 20 %. Le collage pour poids peut être divisé en collage moyen, représentant une addition de 20 à 50 %, et le collage fort, représentant une addition de 50 à 200 % au tissu. Les matériaux employés se divisent en 5 classes : 1° liants (farine de blé, amidon, amidon de sagou ou du blé indien, farine de pomme de terre, amidon de riz, tragasol, gomme adragante, dextrine, colle); 2° adoucissants (graisses, huiles, cires, savons, substances déliquescentes, comme $ZnCl^2$, $MgCl^2$, $CaCl^2$ et la glycérine); 3° matières pesantes (argile de Chine, stéatite, gypse, spath pesant); 4° antiseptiques ($ZnCl^2$ et acide carbolique); 5° matières blanchissantes (outremer artificiel et bleu d'aniline). Les auteurs indiquent ensuite comment se fait le mélange de ces substances et l'opération de l'encollage; ils terminent en signalant les améliorations à apporter dans ces opérations peu connues.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 12 *Décembre* 1902.

M. H. Friedenthal reprend l'étude de la question : Quelle est la fraction de la chaleur de combustion d'un combustible qui peut être transformée en travail mécanique? Le cycle de Carnot nous donne le maximum de travail qui peut être produit dans une machine à vapeur suivant le processus cyclique habituel. L'auteur pense que, si l'on ne s'astreint pas à suivre le cycle de Carnot, on peut construire une machine thermique *idéale* dont le rendement soit supérieur. Dans une chaudière, qui reçoit un liquide combustible à la température ambiante (20°), un apport de chaleur transforme *isovolumétriquement* ce liquide en vapeur au-dessus de sa température critique; aucune fraction de l'énergie calorifique n'est transformée en énergie de volume, comme dans la machine de Carnot. Une partie du contenu gazeux de la chaudière est introduite dans le cylindre et s'y détend en produisant du travail; il y a abaissement de température et de pression et condensation; la température du gaz peut même s'abaisser au-dessous de la température ambiante et d'autant qu'on le voudra, tandis que dans la machine de Carnot la température ambiante est la limite inférieure. Une partie de la chaleur fournie à la chaudière est donc transformée en travail; l'autre partie est à l'état d'énergie de volume dans la vapeur restant dans le cylindre. Si l'on conduit celle-ci dans le brûleur, elle est brûlée, et l'énergie de volume s'ajoute à l'énergie d'oxydation, car le liquide volatilisé possède une chaleur de combustion plus élevée qu'à l'état originel. Si l'on dispose alors le système de telle façon que l'énergie d'oxydation de la vapeur comburante remplace exactement la chaleur perdue sous forme de travail, on a alors une machine sans perte. La nouvelle machine idéale transforme donc 100 % de la chaleur de combustion en travail mécanique. L'auteur conclut que le cycle de Carnot ne donne le maximum de travail que dans des conditions très spéciales, auxquelles on n'est pas obligé de s'assujettir pour la construction des machines. La machine à vapeur actuelle sera un jour remplacée par un moteur beaucoup plus parfait avec un rendement bien supérieur. — Dans la discussion très animée qui a suivi cette communication, **M. M. Planck** a fait remarquer qu'il est possible, avec un gaz idéal, de réaliser des systèmes dans lesquels la chaleur est transformée sans aucune perte en travail mécanique, mais qu'on ne peut déduire de ces données aucune conclusion sur l'importance économique de machines de ce genre.

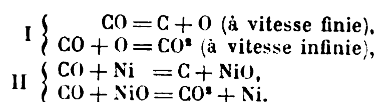
ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 *Décembre* 1902.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. J. Cardinaal** : *Sur la représentation géométrique du mouvement de systèmes variables.* Dans deux communications antérieures (*Rev. génér. des Sc.*, t. XIII, pp. 364 et 446),

l'auteur a développé plusieurs théorèmes se rapportant au mouvement de systèmes variables; ici il s'occupe de la représentation géométrique de ce mouvement, traitée par M. R. Sturm (*Die Gebilde ersten und zweiten Grades der Liniengeometrie*, t. I, p. 257). Le complexe tétraédral des directions des vitesses des points du système en mouvement et les rayons du système focal correspondant, formé par les normales aux trajectoires des points du système, dans le cas d'un système invariable en mouvement, et dans le cas d'un système projectivement variable par certaines droites, exigent la plus grande partie des développements. — M. H.-G. van de Sande Bakhuyzen présente la thèse de **M. A. Pannekoek** : *Untersuchungen über den Lichtwechsel Algols* (Recherches sur la variation de clarté d'Algol).

2° Sciences physiques. — **M. Kamerlingh Onnes** : *Méthodes et ressources en usage dans le Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde.* Troisième communication (comparer *Rev. gén. des Sc.*, t. X, p. 886 et t. XI, p. 224). Moyens d'obtenir dans le cryostat des bains d'une température invariable très basse. La description détaillée est illustrée par trois planches. — Ensuite, M. Onnes présente, au nom de **M. L.-H. Siertsema** : *Calcul du quotient $\frac{e}{m}$ à l'aide de la rotation magnétique du plan de polarisation pour des matières n'admettant pas une bande d'absorption dans le spectre visible.* En se basant sur l'explication bien simple de la rotation magnétique du plan de polarisation au moyen du phénomène de Zeeman donnée par feu M. Fitzgerald (*Proc. Royal Society of London*, t. LXIII, p. 31) et sur l'hypothèse que l'action de la force magnétique ne se révèle que par la translation δ de la courbe de dispersion $n = f(\lambda)$ du milieu, M. Hall trouve, pour la rotation magnétique ω, l'expression $\frac{2\pi}{\lambda}\ z\delta\ \frac{dn}{d\lambda}$, où z représente la longueur du chemin à travers le milieu en question. Ces recherches de M. Hall (Thèse, Amsterdam, 1902, p. 7) ont trait aux parties du spectre situées à proximité d'une bande d'absorption, où, comme le prouve une formule déduite d'une théorie rigoureuse par M. W. Voigt (*Wiedemann's Annalen*, t. LXVII, p. 351), l'hypothèse que nous venons de mentionner est applicable. Ici, M. Siertsema s'occupe du cas contraire où la matière examinée n'admet pas une bande d'absorption visible. Pour le quotient cherché, il trouve 10^7 multiplié par 1,06 pour l'air, par 0,89 pour l'acide carbonique, par 1,77 pour l'hydrogène, par 1,25 pour l'eau, par 0,745 pour CS^2, par 1,25 pour le quartz, etc. — M. H.-W. Bakhuis Roozeboom présente, au nom de **M. J.-J. van Laar** : 1° *Sur la forme des courbes de fusion des amalgames solides.* L'accord des résultats de l'auteur avec ceux de M. van Heteren, communiqués récemment par M. Bakhuis Roozeboom (*Rev. génér. des Sc.*, t. XIII, p. 1212), est absolu; 2° *Sur la différence de potentiel au plan de séparation de deux milieux dont les solutions ne sont pas miscibles, et entre lesquels s'est divisé un même électrolyte dissous.* Déjà, en 1892, M. W. Nernst a démontré que la division inégale des molécules neutres et des ions d'un même électrolyte dissous doit causer une différence de potentiel à la surface de séparation des deux fluides (*Zeitschrift f. phys. Chem.*, t. IX, p. 137). Quoique l'expression de la force électromotrice donnée par ce savant ait été déduite pour le cas où l'une des deux phases est une solution solide, on voit tout de suite que la formule de M. Nernst s'applique aussi au cas de deux fluides. Toutefois, la détermination directe de cette différence de potentiel n'offre aux expérimentateurs que peu de chances de succès. Mais récemment, dans une autre direction, des expériences ont été faites par M. Riesenfeld et M. Hittorf. Pour cette raison, l'auteur développe la théorie du phénomène, dont on trouve une esquisse dans son manuel d'Electro-chimie paru en 1891. — Ensuite M. Roozeboom présente, au nom de **MM. A. Smits** et **L.-K. Wolff** : *Sur la vitesse de réaction de l'oxyde de carbone.* Les expériences des auteurs se basent sur une étude de M. Boudouard se rapportant à l'équilibre $2CO \rightleftarrows CO^2 + C$ (*Annales de Chim. et de Phys.*, t. XXIV, p. 5, 1901). En faisant usage de l'action accélératrice des métaux Ni, Co, Fe, M. Boudouard trouvait que l'équilibre n'est pas modifié, ces substances catalysatrices ne modifiant que la vitesse de réaction; de plus, il démontrait que la substance CO se trouve au-dessous de 445° en condition métastable. 1° Préparation de la substance catalysatrice et expériences provisoires; 2° Mesures de l'ordre de grandeur de la réaction; 3° Détermination de la constante de réaction à 256°, 310°, 340°; les auteurs trouvent à 256° une moyenne de 0,000.279, à 310° une moyenne de 0,001.86, à 340° une moyenne de 0,005.27, etc.; 4° Mécanisme de la réaction. Les deux hypothèses plausibles sont :



$$\text{I}\left\{\begin{array}{l} CO = C + O \text{ (à vitesse finie),} \\ CO + O = CO^2 \text{ (à vitesse infinie),} \end{array}\right.$$
$$\text{II}\left\{\begin{array}{l} CO + Ni = C + NiO, \\ CO + NiO = CO^2 + Ni. \end{array}\right.$$

Dans la dernière hypothèse, les deux réactions peuvent admettre une vitesse finie; il suffit que la vitesse de la seconde réaction surpasse celle de la première. Les auteurs croient pouvoir prétendre que ce n'est pas le carbone, mais le nickel réduit en poudre qui exerce l'action catalytique. — M. Roozeboom présente la thèse de **M. W. J. van Heteren** : *Onderzoekingen over tinamalgamen* (Recherches sur des amalgames d'étain).

3° Sciences naturelles. — **M. H. G. van de Sande Bakhuyzen** : Notice nécrologique sur T. Zaayer (1837-1902), depuis 1866 professeur extraordinaire et depuis 1871 professeur ordinaire d'Anatomie et de « Medicina forensis » à l'Université de Leyde. — **M. M. W. Beyerinck** (aussi au nom de **M. A. van Delden**) : *Sur un bacille incolore empruntant à l'air sa nourriture en carbone.* L'auteur appelle *Bacillus oligocarbophilus* un bacille incolore empruntant à une ou à plusieurs substances de l'air atmosphérique encore peu connues la nourriture nécessaire en carbone et en même temps l'énergie exigée par les processus vitaux. Probablement déjà en 1886, M. W. Heraeus a eu affaire à des cultures de ce bacille (*Zeitschrift f. Hygiene*, t. I, p. 226). Jusqu'à présent, la culture de ce bacille sur des terrains de culture ou des solutions alimentaires contenant des substances organiques solubles n'a pas réussi, ce qui peut s'expliquer par un choix moins heureux de ces substances. Au contraire, on prépare sans peine des cultures pures sur des substratum solides ou fluides exempts de composés du carbone solubles. 1. Cultures grossières de *Bacillus oligocarbophilus*; 2. Sources d'azote nécessaires; 3. Expériences avec des cultures pures; 4. La nutrition par le carbone atmosphérique; 5. La quantité de carbone fixé; 6. L'acide carbonique n'est pas la source de carbone; 7. La nature du composé carboné atmosphérique assimilée. — M. C. Winckler présente, au nom de **M. J. K. A. Wertheim Salomonson** : *Une nouvelle loi d'irritation.* Quatrième communication (comparer *Rev. génér. des Sc.*, t. XIII, pp. 172, 220, 404). La loi $\varepsilon = A\,(1 - e^{-B(R-C)})$ obtenue auparavant se généralise à $\varepsilon = a\,(1 - e^{-nB(R-C)})$, où n désigne un coefficient plus grand que l'unité qu'on est obligé d'introduire, quand il s'agit de l'effet partiel (remplacement de $d\varepsilon$ par $\frac{1}{n}\,d\varepsilon$ dans l'expression différentielle) au lieu de l'effet total. Dans le cas déterminé de l'irritation d'un muscle, l'effet total de l'irritation se compose de deux résultats différents : l'effet mécanique et l'effet électrique. Ici, l'auteur examine la formule généralisée en l'appliquant à plusieurs séries d'observations de MM. Danilewsky (1889), Nawlichin (*Pfluger's Archiv*, t. XIV, p. 297), etc.

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Election à l'Académie des Sciences. — Dans l'une de ses dernières séances, l'Académie a procédé à l'élection d'un académicien libre en remplacement de M. Damour, décédé. Au premier tour de scrutin, le Dr Léon Labbé, membre de l'Académie de Médecine, sénateur, a été élu par 36 voix contre 15 données à M. J. Tannery et 14 à M. Carpentier.

Les beaux travaux du Dr Labbé et sa longue carrière, si bien remplie, le désignaient tout particulièrement au choix de l'Académie des Sciences. On lui doit notamment des études de la plus grande valeur sur l'extirpation complète du larynx, qu'il fut le premier à préconiser, sur les épanchements traumatiques du sang dans les articulations, la résection du maxillaire inférieur, la ponction de la vessie, les maladies chirurgicales de la femme, l'anesthésie chirurgicale, etc. Pendant plus de vingt-cinq ans, il a professé avec un grand succès, tour à tour à l'hôpital Saint-Antoine, à la Pitié, à Lariboisière et à Beaujon, un enseignement libre de Clinique chirurgicale, où il a formé de nombreux disciples, qui occupent aujourd'hui, tant en France qu'à l'Etranger, une place importante dans la science chirurgicale.

§ 2. — Astronomie

Eclipses totales du Soleil. — Nous croyons devoir signaler en quelques mots les intéressantes observations de M. N. Donitch relatives aux deux dernières éclipses totales : 28 mai 1900 et 18 mai 1901. L'éclipse de 1900 étant visible, totale, en plusieurs pays civilisés, les difficultés s'en trouvèrent amoindries dans l'organisation des expéditions : en fait, l'éclipse fut observée par un grand nombre de personnes et il en fut parlé longuement ici-même ; mais les renseignements apportés par M. Donitch ne purent être signalés à ce moment. D'autre part, cette éclipse fut de courte durée, ce qui obligea de restreindre la diversité des observations : laissant donc de côté la rotation de la couronne, qui exige une photographie à longue pose, M. Donitch s'attacha principalement à photographier le spectre de la couronne et celui de la chromosphère sur la plus grande étendue possible, à l'aide d'un spectrographe très lumineux, à prisme objectif. Les observations furent faites à Elche (Espagne) et le résultat consiste en excellentes photographies, étude détaillée de la couronne que nous ne pouvons que mentionner.

Pour le 17-18 mai 1901, la Mission de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg fit les observations à Padang (Sumatra). Cette éclipse fut exceptionnellement longue ; la durée de la totalité dépassa 6 minutes, ce qui constitue un phénomène des plus rares : malheureusement l'observation fut un peu gênée et dut être faite à travers un léger banc de cirrus. Cependant M. Donitch put encore rapporter d'intéressantes et nombreuses déterminations, des photographies de la couronne, dans une forme très différente de la précédente, des spectres, etc... Il était bon de signaler ici l'ensemble des travaux de cet astronome qui, par ses nombreuses communications à l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, prend une compétence particulière en ce qui concerne le problème de la constitution physique de notre Soleil.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Les forces hydrauliques de Sault-Sainte-Marie. — Sault-Sainte-Marie, au débouché du Lac Supérieur, est maintenant doublement remarquable par son canal qui détient le record de la navigation, et par ses forces hydrauliques qu'on a inaugurées en octobre dernier.

Le lac se déverse dans la rivière Sainte-Marie par des rapides d'environ un demi-mille de largeur, un demi-mille de longueur, et vingt pieds de chute. Les 4 ou 5 millions de pieds cubes qu'ils débitent, en moyenne, par seconde représentent une puissance d'environ deux cent mille chevaux. Une première Compagnie avait entrepris des travaux de captage en 1885, mais sans succès. La Société actuelle, la « Michigan Lake Superior Power Company », a mis la main à l'œuvre le 25 octobre 1898 et, quatre ans après, jour pour jour, inaugurait son usine motrice.

Les eaux sont amenées par un canal de 13.000 pieds de longueur sur 23 de profondeur, et 200 de largeur.

Elles sont distribuées à une centaine de groupes de 4 turbines, montées en deux séries parallèles de deux. Chaque groupe, développant une puissance normale de 568 chevaux, actionne une dynamo à courant direct ou un alternateur de 400 kw. La puissance minimum de l'usine est de 57.000 chevaux; le capital engagé dépasse 20 millions de francs.

§ 4. — Physique expérimentale

La polarisation des rayons X. — M. R. Blondlot vient de communiquer à l'Académie des Sciences une très importante découverte : les rayons X produits par un tube focus sont *polarisés*. Au moyen d'un dispositif ingénieux, utilisant l'influence des rayons X sur une petite étincelle, il a reconnu que ces rayons ont un *plan d'action*, qui est celui qui passe par chaque rayon X et le rayon cathodique générateur. La *Revue* reviendra prochainement sur ces expériences, dont l'intérêt est considérable.

Une expérience franco-américaine. — On connaît les résultats contradictoires obtenus, sur la question de la convection électrique, par Rowland, MM. Pender et Adams d'une part, en Amérique; par M. Crémieu d'autre part, à Paris.

Les résultats dans les deux sens paraissent aussi nets d'un côté que de l'autre; le problème en litige présente, on le sait, une importance capitale pour les théories actuelles de la lumière et de l'électricité.

Pour essayer de trancher la question d'une manière définitive, M. H. Poincaré, d'accord avec Lord Kelvin, a pensé que le meilleur moyen serait de faire répéter contradictoirement par les auteurs les expériences positives et négatives.

M. H. Pender, docteur ès sciences de l'Université de Johns Hopkins, ancien élève de Rowland et actuellement professeur à l'Université de Syracuse (Etat de New-York), a bien voulu accepter de venir répéter ses expériences à Paris. Il a été officiellement invité par M. Bouty, directeur du laboratoire d'Enseignement physique à la Sorbonne, à venir travailler dans ce laboratoire avec M. Crémieu, qui y est préparateur. L'invitation est, d'ailleurs, faite au nom de l'Université de Paris.

Nous sommes heureux d'apprendre que M. Pender vient d'arriver à Paris, apportant avec lui les appareils de Rowland et les siens.

On peut donc espérer que la question fondamentale de l'existence de l'effet magnétique de la convection électrique recevra d'ici peu une solution définitive, grâce, d'une part, à la générosité de l'Institution Carnegie, qui a gracieusement fourni à M. Pender les fonds nécessaires à son voyage et à son séjour à Paris; et grâce, d'autre part, à l'Institut et à l'Université de Paris, qui ne sauraient se montrer moins généreux pour payer les frais assez considérables qu'occasionneront les expériences entreprises.

Existence d'une structure cellulaire dans les corps amorphes. — Nos lecteurs n'ont pas oublié les belles recherches de M. Bénard sur la formation de tourbillons cellulaires dans les nappes liquides, recherches qui ont été décrites ici-même par l'auteur[1].

Peu de temps après, M. G. Cartaud mettait en évidence l'existence d'une structure analogue à la surface des métaux fondus. On coule ceux-ci sur une plaque de verre inclinée, de manière qu'ils se refroidissent et se solidifient brusquement en lames de faible épaisseur. Si l'on examine alors, à un grossissement de 200 diamètres, la surface de ces métaux, on observe qu'elle est recouverte d'un réseau continu de cellules délimitées par des contours polygonaux *en creux*.

Poursuivant ses recherches sur le sujet, M. Cartaud vient de constater, sur le zinc en particulier, un nouveau phénomène très intéressant : la présence constante, dans chaque cellule, d'un noyau circulaire en relief. Ce même aspect s'observe dans plusieurs autres cas.

Une nappe de collodion riciné, répandue sur une lame de verre, se partage spontanément en un agrégat de cellules polygonales. Lorsque la masse se fige complètement, un noyau en relief s'accuse alors à l'intérieur de chaque cellule par un bourrelet circulaire en forme de cratère.

De l'alumine, préparée par le procédé indiqué par M. H. Le Chatelier, donne à la longue un dépôt qui, abandonné à la dessiccation spontanée, se fendille par retrait en cellules irrégulières quadrangulaires ou pentagonales. Par un léger choc, la matière se détache de son support de verre, mais en laissant des parties adhérentes, illustrant en quelque sorte la structure interne de chaque cellule. Les limites des cellules sont marquées par un trait opaque d'alumine, bordé de chaque côté par un dépôt adhérent organisé en franges normales au trait médian. Au centre de chaque cellule, sans aucune exception, est resté un noyau adhérent, remarquablement circulaire, bordé d'une ou deux enveloppes concentriques. Dans certaines cellules enfin, l'intervalle séparant le noyau des parois n'est pas resté complètement dénudé, et l'alumine non détachée indique une structure rayonnée partant du noyau pour aboutir normalement aux parois.

Enfin, la surface de certains verres, dépolis par leur recuit à la flamme du chalumeau, montre des colonies de cellules microscopiques qui, par transparence, présentent un noyau paraissant obscur lorsque les parois se dessinent en clair.

La conformité assez satisfaisante de la structure des cellules de retrait observées par M. Cartaud avec celle que M. Bénard a signalée dans les nappes liquides abandonnées au rayonnement thermique donne à penser que la division des pâtes humides par dessiccation spontanée peut avoir son origine dans une division tourbillonnaire analogue. Les cellules ainsi formées apparaîtraient alors comme les moules primitifs où viendraient s'exercer les tensions de retrait. De la composition plus ou moins concordante de ces deux phénomènes résulteraient les formes variées que nous présente l'observation. Un raisonnement analogue s'appliquerait aussi bien, d'ailleurs, aux fissures de retrait par rayonnement calorifique.

Sur le vent électrique lumineux. — Dans les décharges par pointes au sein de l'air et d'autres gaz, à la pression atmosphérique, les phénomènes lumineux à la pointe négative se bornent à une aigrette luisante : c'est, au fond, l'aigrette négative que l'on observe avec tant d'éclat dans les tubes de Geissler, mais qui est alors très réduite par la pression élevée et la faible intensité du courant.

Au sein de l'azote purifié d'oxygène par le cuivre ardent, on observe cependant, avec une intensité suffisante du courant, un pinceau lumineux extrêmement délié, partant de cette aigrette. Dans les intéressantes expériences que M. E. Warburg a communiquées au récent Congrès des Naturalistes allemands, à Carlsbad, ce pinceau luisant se projetait vers l'axe d'un cylindre vertical en platine relié à la Terre, axe contenant la pointe de décharge. En munissant le vase en verre servant aux expériences, par le bas, d'un ajutage cylindrique coaxial par rapport au cylindre de platine, on voit, dans l'obscurité, le pinceau lumineux se projeter dans ce tube, tout en s'élargissant de plus en plus et en affectant la forme d'une large bande blanchâtre, visible jusqu'à une distance de $0^{m},08$ de la pointe. Ce pinceau traverse les toiles métalliques, et, en frappant la paroi d'un vase, s'écrase sur celle-ci et l'entoure comme d'un nuage blanchâtre. Si ce phénomène se produit avec beaucoup d'éclat, le gaz, une fois le courant ouvert, conserve une certaine luminescence.

Il résulte de ce qui précède qu'on a affaire, dans ce

[1] *Rev. gén. des Sciences* des 15 et 30 décembre 1900.



Fig. 1. — *Cendre d'un nuage dense superficiellement raviné à la suite d'une pluie (fin novembre).*



Fig. 2. — *La même cendre recouverte par une coulée boueuse du 19 décembre.*

La petite falaise située à gauche constitue ce qui reste des apports du 5 mai qui ont détruit l'usine Guérin.



Fig. 3. — *La coulée de boue en amont de la figure 2.*



Fig. 4. — *Détails des bords de la coulée de boue.*

Les gros blocs de ces deux figures sont des fragments de cône apportés par les nuages denses.

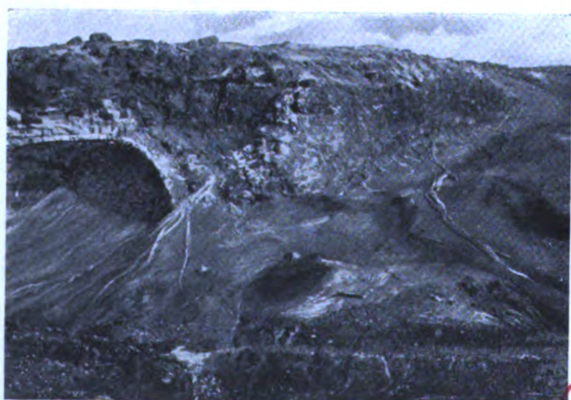


Fig. 5. — *Petites coulées de boue produites par la pluie à la surface de la cendre (Saint-Pierre, quartier du Fort).*



Fig. 6. — *A gauche, la coulée de boue du 17 décembre, ravinant les apports du nuage dense du 16.*

pinceau lumineux, à un vent électrique luisant : le gaz électrisé, à proximité de la pointe, étant de même polarité que celle-ci, est projeté de cette pointe par une force électrique, comme c'est le cas du vent électrique ordinaire; ayant éprouvé sur la pointe une altération chimique sous l'action du courant, celle-ci se compense, sur le parcours du gaz, avec des phénomènes lumineux, rendant visible le vent électrique.

Le courant absorbé par les plaques métalliques frappées par le courant n'est qu'une très petite fraction du courant total provenant de la pointe, courant essentiellement dirigé vers le cylindre en platine. La convection électrique par le vent électrique n'est donc qu'un phénomène insignifiant, au point de vue quantitatif, accompagnant, il est vrai, le courant d'une décharge par une pointe, mais qui ne constitue nullement, comme beaucoup le croient, l'ensemble de ce courant de décharge.

Lorsqu'on exalte la pureté de l'azote, en lui enlevant les dernières traces d'oxygène par un traitement au sodium chaud introduit électrolytiquement dans le vase en verre, le pinceau lumineux se rétrécit et ne montre plus le phénomène de luminescence résiduelle, après cessation du courant. Les phénomènes observés par **M.** Warburg paraissent donc liés aux quantités minimes d'oxygène mêlées à l'azote.

§ 5. — Physique du Globe

Sur quelques productions boueuses accompagnant les éruptions de la Montagne Pelée. — Je me propose dans cette Note d'étudier quelques phénomènes accessoires des éruptions, dont j'ai pu suivre les différentes phases et qui aideront à la discussion de l'origine des torrents de boue qui ont fait tant de ravages, particulièrement au début de l'éruption.

1. *Torrents boueux.* — Le 15 décembre, au moment même où commençait un orage, toutes les fumerolles de la côte ouest se sont mises à fonctionner. Un peu au-dessus de la place occupée autrefois par l'usine Guérin, s'est produite une énorme sortie de vapeur, accompagnée d'un jet d'eau boueuse noire. En même temps, sur tout le trajet habituel des nuages denses, depuis le cratère jusqu'à la mer, s'est élevée une grande quantité de vapeurs. Nos ouvriers, terrifiés par ce spectacle, cependant lointain, ont immédiatement abandonné le chantier de l'observatoire. Après la fin du phénomène, on a constaté qu'une traînée de boue fumante se détachait en noir sur le fond blanc des apports des nuages denses (fig. 1 à 4, pl. I). Le 16 décembre, étant en route pour aller étudier cette boue, nous avons été arrêté par l'éruption du nuage dense qui a fait l'objet de notre précédente Note à l'Académie des Sciences. Le lendemain, les apports de cette éruption étaient localement traversés par une nouvelle coulée boueuse, produite à la suite d'une forte pluie. Nous avons pu l'aborder le 17. Sur la cendre blanche mobile, dont la température était encore à la surface de 125° C., se voyait une traînée de boue noire en partie desséchée, extrêmement riche en petits fragments d'andésite compacte et de ponce; cette boue ravinait faiblement par places les cendres, mais plus souvent formait à leur surface un talus dont l'élévation atteignait localement 1 mètre. La disposition de cette coulée montre qu'elle a dû s'épancher à l'état extrêmement épais; elle ne s'est souvent pas étalée sur les parties planes; ses ramifications secondaires s'arrêtent fréquemment à mi-chemin sur des terrains en pente; la vitesse a dû être fort grande et l'on voit par places la coulée boueuse franchir des obstacles qu'on pouvait s'attendre à la voir contourner pour suivre la ligne de plus grande pente.

La surface de cette coulée était comme labourée, fumante, parsemée de flaques de boue fine plus ou moins desséchée, laissant échapper par de multiples ouvertures des bouffées de vapeur d'eau. Des flaques analogues étaient nombreuses dans toutes les dépressions de la cendre des nuages denses, placées au pied de la coulée de boue; il est facile de voir que l'eau tombée à la surface de celles-ci n'a imbibé que quelques centimètres de cendres, au-dessous desquels la mobilité est conservée, ainsi que la température supérieure à 100° C. Autour de gros blocs (fig. 3 et 4), apportés par les nuages denses et enveloppés par la coulée boueuse, se faisait entendre un bruit strident de vapeur avec une température variant, suivant les points, de 110° à 270° C. Ces divers blocs que j'ai touchés se trouvaient au voisinage d'anciennes fumerolles et l'action de celles-ci se superposait probablement à l'action de la cendre chaude.

Au voisinage de la mer, la coulée de boue, au lieu de se superposer à la cendre, l'a profondément creusée et a atteint le rivage par un ravin d'une quinzaine de mètres de profondeur (fig. 7, pl. II). Celui-ci, à son origine, là où il a pu être facilement étudié, a une surface raboteuse, régulièrement creusée de sillons parallèles aux bords; son aspect rappelle ces chemins creux de montagne, usés par le traînage des fagots de bois. En outre, une série de bourrelets formés par de petits cailloux agglutinés par de la boue fine sont disposés parallèlement aux bords et indiquent les niveaux successifs de plus en plus bas du torrent boueux. Le bourrelet supérieur ressemble à une moraine latérale, dans laquelle les cailloux et les blocs sont plus nombreux et plus gros que dans le reste de la coulée.

Cette boue grossière est essentiellement formée par de la cendre fine agglutinant des lapillis et des blocs de l'éruption actuelle et de menus fragments et de petits morceaux de ponce ancienne. C'est par la présence de cette ponce et par la compacité de sa pâte que cette boue, une fois séchée, diffère de la cendre mobile sur laquelle elle repose.

Il m'avait semblé de loin que cette coulée boueuse était sortie entièrement d'un point situé dans la vallée de la rivière Blanche, à un peu plus d'un kilomètre de la côte; nous nous y sommes avancé, marchant avec précaution sur les parties les plus solides; nous y avons trouvé un champ particulièrement riche en flaques de boue très fine, avec nombreuses sorties de vapeur d'eau (fig. 12, pl. II); mais ce courant boueux continuait en amont, en se rétrécissant beaucoup, pour disparaître dans la rivière Claire, affluent de droite de la rivière Blanche. L'état du volcan étant menaçant et le champ de cendres brûlantes nous environnant en nous coupant toute retraite en cas d'éruption, nous n'avons pu pousser plus loin notre exploration.

Il semble possible d'expliquer de la façon suivante le mécanisme de ces coulées boueuses. A la suite d'une pluie abondante, un torrent se forme dans la rivière Claire, actuellement asséchée, entraînant à la fois une grande quantité de cendres et de lapillis de l'éruption actuelle et des fragments de ponce arrachés au vieux sol. Ce torrent, aux eaux épaisses d'abord encaissées dans un canon très étroit, débouche ensuite dans une partie de la vallée de la rivière Blanche où il peut brusquement s'étaler; il se répand alors sur les pentes nivelées par les apports des nuages denses et qui, comme on l'a vu plus haut, sont à une température supérieure à 100° C. Une partie de l'eau pénétrant dans cette cendre chaude est immédiatement vaporisée, et, là où une ancienne dépression a permis l'accumulation d'une grande épaisseur de cendre, la quantité de vapeur formée peut être comparable à celle produite par les véritables fumerolles; elle peut même localement entraîner des paquets d'eau chaude. C'est là un phénomène qui a été signalé déjà à Saint-Vincent et au début de l'éruption à la Martinique; mais je n'avais pu encore le constater, et en suivre les descriptions. Il a été plus complexe, en certains points, là où la cendre chaude reposait sur le vieux sol traversé par de véritables fumerolles. La source de la chaleur a été double dans ce cas.

Avant d'avoir suivi toutes les phases décrites plus

haut, j'avais pensé tout d'abord que la pénétration de l'eau de la mer dans des fumerolles pouvait expliquer ces jaillissements d'eau, observés à moins d'un kilomètre du rivage; pour vérifier cette hypothèse, j'ai recherché les sels solubles contenus dans les boues et dans les eaux qui serpentent au milieu d'elles. Des essais sommaires, qui seront complétés par des analyses plus précises à mon retour en France, montrent que toutes renferment une quantité notable de chlorure de sodium et de sulfate de calcium, qui dominent beaucoup sur d'autres sels (sulfates d'alumine, de fer, etc.), mais les rapports de ces deux sels paraissent très différents de ceux qui existent dans l'eau de mer, le sulfate de chaux y dominant sur le chlorure. De plus, les cendres de l'éruption du 30 août, recueillies dans l'église du Morne-Rouge, là où elles n'ont subi aucune altération secondaire, renferment également les mêmes sels. Les sels solubles contenus dans toutes ces boues résultent donc simplement du lavage des cendres, et l'hypothèse de l'action immédiate de la mer doit, par suite, être laissée de côté.

2. *Cônes de boue.* — Les champs de cendres, plus ou moins remaniés par le vent et concentrés en outre par les eaux superficielles dans les parties de pente convenable, forment de vastes espaces entre la Roxelane et la rivière Sèche, entre la rivière Blanche et la pointe Lamarre. J'ai observé, en plusieurs points de ces deux régions, une grande quantité de petits cônes boueux fort curieux. Ils sont parfaitement réguliers, ayant de 1 à 3 mètres de hauteur, creusés d'une cavité cratériforme d'une perfection théorique (fig. 8 à 11, pl. II).

Leur surface est parfois unie, mais souvent elle porte des bavures, produites par la dernière sortie boueuse. J'ai vu partir de ces cônes une colonne de vapeur accompagnée d'émission d'eau chaude. Leur situation est constante; ils sont tous disposés, soit isolés, soit groupés en *chaîne des puys*, sur les bords de petits cañons en miniature de 1 à 2 mètres de profondeur, creusés dans les cendres récentes. Quelques-uns d'entre eux sont aujourd'hui eux-mêmes érodés par des ruisselets, qui ont charrié de la ponce ancienne à la surface des cendres de l'éruption actuelle.

La constitution pétrographique de ces cônes est la même que celle des champs de cendres, remaniées ou non, au milieu desquels ils se trouvent. Les sels solubles, chlorures et sulfates, sont les mêmes que dans les boues étudiées plus haut et que dans la cendre ambiante.

L'existence d'un ruisseau apportant l'eau fluviale est donc nécessaire à la formation de ces cônes. L'eau pénètre par capillarité dans les parois du talus du ruisseau, s'échauffe, suivant les cas, soit au simple contact de la cendre chaude, soit à celui d'une fumerolle; et, lorsque sa température est suffisante, il se produit, en un point favorable, une petite éruption permettant la projection d'eau mélangée de matériaux solides. Ces petits cônes représentent donc en grand quelque chose d'analogue aux petits entonnoirs de cendre sèche que j'ai observés sur le bord de la mer une heure et demie après le passage des nuages denses; mais, dans ceux-ci, la température du milieu étant très supérieure à 100° C., et l'imbibition du sol faible, il n'en sortait qu'un peu de cendre, entraînée par une fuite de vapeur ou même d'air chaud.

A. Lacroix,
Professeur au Muséum,
Chef de la Mission française à la Martinique.

§ 6. — Électricité industrielle

Nouvelles usines de Niagara. — Deux nouvelles usines s'installent à Niagara : l'une du côté américain des chutes, en face de l'ancienne usine; l'autre du côté canadien.

L'usine américaine est déjà partiellement établie et en service. Elle comportera, lorsqu'elle sera achevée, une puissance de 55.000 chevaux, produite par 11 groupes électrogènes. Les turbines sont verticales comme les premières. Les chambres des turbines, ayant une profondeur de 53 mètres environ et une largeur de 5 à 6 mètres, sont obtenues par excavation directe dans le roc. Ces turbines sont à décharge intérieure et permettent, au moyen de siphons, d'augmenter de 10 % la différence de niveau utile. Les chambres des turbines sont disposées, comme dans la précédente usine, sur une longueur de 140 mètres le long du canal d'amenée. L'usine a une longueur de 168 mètres et une largeur de 40 mètres.

Les génératrices, couplées directement aux turbines, sont construites par la *General Electric Company*. Il en existe deux types : l'un à inducteur tournant extérieur, comme dans l'ancienne usine; l'autre à inducteur tournant intérieur.

La puissance de la nouvelle usine a obligé à agrandir la section du tunnel de décharge déjà construit pour la première usine, et qui maintenant sera commun aux deux usines américaines.

L'usine génératrice canadienne présente quelques particularités qui seront signalées plus tard.

Le téléphone sans fil. — Cette invention est plus récente que le télégraphe sans fil et n'a pas tout à fait trois années d'existence. Elle a fait moins de bruit dans le monde et n'a pas réalisé d'aussi grandes merveilles, puisque les messages n'ont pu franchir jusqu'ici que 7 kilomètres et que la plus grande ambition de M. Ernst Ruhmer, qui s'est attaché avec une grande persévérance à la perfectionner, est de leur en faire franchir 15.

Voici le principe du système : Si un téléphone est placé en dérivation sur le circuit d'un arc électrique, l'intensité continuellement variable du courant téléphonique produira des variations concomitantes du courant traversant l'arc et, par conséquent, de sa température et de son éclat. Si, d'autre part, la lumière de l'arc tombe sur du sélénium intercalé dans un courant électrique, ce dernier, en vertu d'une propriété bien connue, changera de résistance en même temps que la lumière qui l'éclaire varie d'intensité. De telle sorte qu'un téléphone placé en dérivation sur ce second circuit sera parcouru par un courant subissant des variations analogues à celles du transmetteur et sa plaque vibrante reproduira, par conséquent, les sons émis devant la plaque vibrante de celui-ci.

Après de nombreux essais, M. Ruhmer a donné à la résistance de sélénium la forme d'un petit cylindre placé au centre d'un tube de verre vide.

Ce n'est qu'après de nombreux tâtonnements qu'il a pu déterminer le mode de préparation le plus favorable de la substance réceptrice. Le sélénium dur semble supérieur pour les transmissions diurnes, et le sélénium tendre pour les transmissions nocturnes. Pour les transmissions jusqu'à 1 ou 2 kilomètres, il suffit d'un arc de 4 ou 5 ampères; il en faut 8 ou 10 pour transmettre à 3 ou 4 kilomètres, et 15 pour 7 kilomètres.

Le téléphone sans fil semble surtout avantageux pour l'échange de messages entre la côte et un navire. Il présente sur le télégraphe sans fil le grand avantage d'assurer le secret absolu des communications.

Machine à écrire mue électriquement. — Une « dactyle » électrique vient de faire son apparition à Paris : elle est mue par un moteur de très petites dimensions, qui, par l'intermédiaire d'un embrayage très simple, peut entraîner ou abandonner tour à tour les divers leviers affectés à l'impression des caractères de dactylographie, et d'ordinaire commandés à la main.

La commande à la main a l'inconvénient de provoquer très vite une fatigue musculaire très sensible de l'opérateur, et de ralentir son travail en l'obligeant à quitter le clavier pour le déplacement du chariot chaque fois qu'il faut aller à la ligne, espacer les lignes, etc.

Le moteur électrique se prête admirablement à l'exécution automatique de ces diverses manœuvres et les deux inconvénients signalés sont évités.



Fig. 7. — *Ravin creusé le 17 décembre dans les apports des éruptions produites du 30 août au 16 décembre.* — A gauche, on voit une sorte de crête que laissent d'ordinaire sur leurs bords les coulées de boue de ce genre.



Fig. 8. — *Cône de cendre boueuse entre la rivière des Pères et la rivière Sèche.*



Fig. 9. — *Chaîne de cônes sur le bord d'un petit ruisseau.*



Fig. 10. — *Cône de la même région.*



Fig. 11. — *Dune de cendres (région des cônes figurés plus haut).* — Saint-Pierre dans le fond.



Fig. 12. — *Petites cavités produites par la sortie de la vapeur d'eau dans une flaque de cendre boueuse desséchée* (Rivière Blanche).

La *fatigue musculaire* n'existe plus, puisque l'opérateur n'a plus à effectuer un travail mécanique par la pression des touches : il n'a qu'à les effleurer pour mettre en jeu le moteur qui exécute lui-même le travail.

Le *ralentissement* du travail, provenant du temps perdu pour les manœuvres spéciales, est complètement supprimé, étant donné que l'opérateur touche seulement sur le clavier des touches spéciales, groupées dans le voisinage des autres, et qui font exécuter au moteur les déplacements spéciaux dont il a été parlé.

§ 7. — Chimie physique

Les deux oxydes de mercure sont-ils des isomères? — Quelle est la nature des deux variétés d'oxyde de mercure? C'est à la solution de cette question que M. Karl Schick vient d'apporter sa contribution [1], mais il ne semble pas que l'on doive encore considérer le problème comme résolu. Nous rappellerons ici les plus récents résultats relatifs à ce sujet, dus à MM. Varet, Ernst Cohen, Ostwald, Hulett, Koster et Stork.

Il était classique, jusqu'à ces dernières années, de considérer l'oxyde jaune et l'oxyde rouge de mercure comme deux isomères, le jaune se transformant en rouge vers 300°. Une des conséquences de la différence d'énergie entre ces deux variétés est la différence trouvée pour les forces électromotrices de chaînes comprenant de l'oxyde de mercure, suivant qu'il s'agit d'oxyde rouge ou d'oxyde jaune. Cette différence est de l'ordre du millivolt, mais ne paraît pas douteuse.

Cependant M. Varet a établi par des mesures thermochimiques que la transformation de l'oxyde jaune en oxyde rouge ne s'accompagne d'aucun phénomène thermique. Aussi certains chimistes, et parmi eux Ostwald, sont d'avis qu'il n'y a pas entre ces deux oxydes de différence de constitution, mais simplement une différence d'ordre mécanique. On connaît l'expérience qui consiste à écraser entre le bouchon et le goulot d'un flacon à l'émeri un fragment d'oxyde rouge : les traînées obtenues sont nettement jaunes ; d'où cette hypothèse qu'il n'y aurait entre les deux oxydes que cette différence : l'oxyde jaune est formé de petits grains, l'oxyde rouge de gros grains.

Ostwald considéra comme venant à l'appui de cette hypothèse les expériences qu'il fit sur la solubilité des oxydes de mercure dans une solution aqueuse de bromure de potassium. Il résulte de ces expériences que, si l'on emploie des grains assez gros, l'oxyde rouge est moins soluble que l'oxyde jaune, mais que, par une pulvérisation soignée, la solubilité du rouge peut atteindre et dépasser celle du jaune. De même, Hulett a trouvé que la solubilité de l'oxyde rouge croît avec la finesse des grains [2]. Ces différences de solubilité suffisent à rendre compte des variations introduites par la substitution d'un oxyde à l'autre dans la force électromotrice de certaines chaînes.

Enfin, c'est comme une vérification des vues d'Ostwald que M. Schick donne les résultats auxquels il est arrivé sur la solubilité des deux oxydes de mercure dans l'eau pure. Sa conclusion est que, au degré de précision que comportent ses expériences, cette solubilité, lorsqu'il s'agit d'oxydes en poudre fine, soumis à une agitation soignée et prolongée, est exactement la même pour les deux oxydes.

Sans vouloir formuler ici les critiques que peuvent soulever les travaux que nous venons de rappeler, nous nous bornerons à constater que l'interprétation de tous ces résultats est assez délicate. Les contradictions qu'ils présentent laissent encore planer quelque doute sur la conclusion : « les deux oxydes de mercure ne sont pas deux isomères »; et il ne semble pas que le dernier mot soit dit sur cette question. Mais ces recherches sont pourtant fort intéressantes par les documents qu'elles nous fournissent sur le mécanisme de la dissolution des solides dans les liquides.

[1] *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XLII, p. 155; 1902.

[2] Théoriquement, il était à prévoir que, de même que la tension de vapeur au voisinage d'une goutte de liquide dépend du diamètre de la goutte, de même la concentration de la solution au voisinage d'un grain de solide doit dépendre de la grosseur du grain.

§ 8. — Chimie physiologique

L'assimilation des matières protéiques. — La forme sous laquelle les divers aliments organiques sont fixés par nos tissus est un des problèmes fondamentaux de la physiologie des échanges nutritifs. On sait que les différentes variétés d'hydrates de carbone aboutissent toutes à un type unique, qui est le glycogène (auquel on peut ajouter le complexe hexosamine fixé dans les matières protéiques, ou les groupements hydrocarbonés des acides nucléiques). Pour les corps gras, on sait, principalement par les recherches de Munk et de Rosenfeld, que l'on peut, dans une certaine mesure, forcer l'organisme à fixer, sans les modifier au préalable, des graisses étrangères, d'origine végétale par exemple, mais que, néanmoins, l'économie tend toujours à défendre la constance de la composition de ses réserves adipeuses. Les matières protéiques n'ont guère été étudiées à ce point de vue. Et cependant, depuis que l'étude de plus en plus précise des produits d'hydrolyse de ces substances révèle, entre les diverses albumines alimentaires, des différences inattendues, le problème en question a pris un intérêt et une importance encore plus considérables.

On doit se demander en particulier si les matières protéiques d'origine végétale peuvent être mises, à cet état, en réserve par l'organisme animal, ou si elles doivent être d'abord décomposées dans une certaine mesure, pour être ensuite reconstruites et transformées en albumines animales.

Dans un travail intitulé : « La zéine en tant qu'aliment », M. W. Szumowski [1] a abordé l'étude de cette question sous la direction du Professeur Kossel, en essayant de suivre chez des oies et des pigeons les destinées de la zéine, matière albuminoïde du maïs, et qui se distingue des autres matières protéiques par ce fait qu'elle ne fournit pas de lysine par hydrolyse. De plus, comme la zéine est soluble dans l'alcool, elle peut être séparée facilement des autres matières albuminoïdes animales. En nourrissant de zéine des oies et des pigeons, l'auteur a constaté que cette substance ne peut pas être retrouvée dans les organes. Injectée dans le sang, elle agit comme un toxique et s'accumule dans le foie. L'urine devient albumineuse, mais ne contient pas de zéine.

La matière protéique végétale ne semble donc pas avoir été fixée en nature. L'auteur a également expérimenté sur le chien, mais s'est heurté à des difficultés particulières, lorsqu'il a essayé de réaliser chez cet animal des gains d'azote à l'aide de la zéine.

D'ailleurs, chez les oies et les pigeons, et bien que ces animaux aient nettement augmenté de poids, l'auteur n'est pas certain d'avoir obtenu des gains d'azote. Or, un excédent des recettes d'albumine par rapport aux dépenses est évidemment un résultat qu'il importe d'atteindre, si l'on veut avoir quelque chance de constater la fixation en nature de l'aliment azoté. L'auteur se réserve de poursuivre l'étude de cette question, mais il était intéressant de signaler dès à présent ces recherches, tant à cause de l'importance du problème, quelque peu délaissé, qu'elles rappellent à l'attention des physiologistes, que pour le choix heureux de l'aliment protéique adopté.

[1] W. Szumowski : *Zeitschrift für physiol. Chemie*, t. XXXVI, p. 198-218.

§ 9. — Botanique

La vie végétale en terrain ionisé. — On a émis les opinions les plus contradictoires au sujet de l'effet que l'énergie électrique exerce sur la croissance des plantes. D'un côté, l'on a établi de vastes plantations où l'électricité est employée en vue d'accélérer leur développement; d'autre part, il a été affirmé que les arbres sont lésés, voire même tués, par le voisinage de condensateurs fortement chargés.

M. A.-B. Plowman résume, dans la *Physikalische Zeitschrift*, les résultats de quelques expériences faites à ce sujet au Jardin Botanique de l'Université Harvard. Lorsqu'un courant électrique, entre des électrodes en charbon ou en platine, traverse un milieu renfermant des graines de *Lupinus albus*, ces graines sont, à proximité de l'anode, tuées par les courants supérieurs à 0,003 ampère, agissant pendant au moins vingt heures, alors qu'au voisinage de la cathode, la semence, ou bien n'est que peu ou point affectée, ou bien acquiert, dans certaines circonstances, un pouvoir germinatif supérieur.

Voici comment l'auteur explique ces phénomènes : lorsque, au sein d'un électrolyte, deux points sont chargés à des potentiels différents, le mouvement des ions libres présents dans la solution s'en trouve orienté, et, quand cette différence de potentiel est suffisante, l'électrolyte est ultérieurement dissocié. Les anions, avec leurs électrons négatifs, s'acheminent vers l'anode; les cathions, avec leurs charges positives, vers la cathode. Or, comme le mouvement des ions est, au sein des électrolytes, relativement lent, l'auteur admet dans le domaine de l'anode la présence d'un faible excès d'ions positifs dû à la rapide neutralisation des ions négatifs par l'électrode chargée positivement. La cathode, émettant d'une manière analogue des ions positifs dans son voisinage immédiat, sera entourée d'un petit excès d'ions négatifs. Plus la migration des ions est lente, et plus cette diversité de conditions au voisinage des deux électrodes sera sensible. Or, les expériences précédentes font voir que le protoplasme végétal est paralysé par les conditions anodiques, tandis que les conditions qui s'établissent à proximité de la cathode exercent, dans certaines limites, un effet stimulant. Les polarités d'ordre purement chimique produites par la dissociation des atomes et la séparation électrique des ions n'ont, au contraire, pas d'influence sensible sur la vie végétale, tant il est vrai que les semences introduites dans des solutions de composition et de concentration analogues continuent à germer, tant que ces solutions ne sont point traversées par un courant électrique.

Les germes plantés en terrain aqueux tournent les bouts de leurs racines vers l'anode, ce côté étant frappé par un flux d'ions positifs, alors que le côté opposé est exposé aux ions négatifs allant vers la cathode. Or, comme ces derniers sont favorables à la vie végétale, le côté frappé par eux, se développant aux frais de l'autre, donne lieu à une inflexion dans le sens indiqué, inflexion atteignant quelquefois la valeur de 90°.

Les plantes sont, d'une manière générale, électropositives par rapport au sol; la différence de potentiel est, paraît-il, fonction de leur activité physiologique. Or, comme la charge positive de la plante attire les ions négatifs du sol vers les racines, toute circonstance secondant cet échange électrique, qui paraît être une condition essentielle de la vie végétale, doit favoriser la croissance de la plante, et inversement.

§ 10. — Hygiène publique

Les dangers du poisson cru. — La consommation du poisson salé et mangé cru occasionne chaque année, dans le Nord, de nombreux cas d'empoisonnement souvent suivis de mort. Ces accidents sont probablement dus aux ptomaïnes que contiennent les tissus en voie de putréfaction. Aussi, pour remédier à cet état de choses, l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg vient d'ouvrir aux savants de tous les pays un concours pour l'*étude de la nature de la substance vénéneuse du poisson et de ses antidotes.* Voici, d'ailleurs, quelles sont les conditions de ce concours :

1° Déterminer par des recherches précises la nature de la substance vénéneuse du poisson;

2° Etudier son action sur les différents organes du corps animal, le système nerveux central, le cœur, la circulation du sang, l'appareil digestif;

3° Donner un tableau précis des modifications pathologiques occasionnées par l'empoisonnement dans diverses parties du corps animal et humain;

4° Donner une description des symptômes par lesquels le poisson vénéneux peut être distingué du poisson normal;

5° Indiquer les moyens de préserver le poisson du développement de la substance vénéneuse dans son corps;

6° Indiquer les antidotes et, en général, les remèdes contre l'empoisonnement par ledit poison.

Dans la liste ci-dessus se trouvent seulement les questions principales à résoudre; quant aux détails, il est indispensable que l'auteur, dans toutes ses recherches — physiologiques, pathologiques, chimiques ou bactériologiques — tienne compte de tous les desiderata que révèle l'observation courante et fasse appel, pour résoudre le problème, à toutes les méthodes qui feront preuve de fécondité.

Trois prix sont offerts, dont un grand de 5.000 roubles et deux petits de 1.500 et 1.000 roubles.

Les travaux, manuscrits ou imprimés, écrits en langue russe, latine, française, anglaise ou allemande, devront être déposés avant le 1er octobre 1903. La Commission présentera ses conclusions le 1er janvier 1904.

§ 11. — Universités et Sociétés

Les prix Schneider. — La Société des Ingénieurs civils de France vient de distribuer les prix fondés par Henri Schneider. Ces prix, au nombre de sept et de 5.000 francs chacun, sont destinés à récompenser les auteurs d'ouvrages publiés en France depuis une période de 40 ans, écrits ou traduits en français, et jugés par la Société comme les plus utiles au développement des différentes branches de l'Industrie. Sept jurys ont été constitués et ont donné les conclusions suivantes :

1re Section (*Métallurgie*) : Le prix est décerné à M. Osmond.

2e Section (*Mines*) : Le prix est partagé entre MM. Audemar, Grand'Eury, Margue et Reumaux.

3e Section (*Constructions mécaniques*) : Le prix est partagé entre MM. A. Mallet, G. Richard et A. Witz.

4e Section (*Grandes constructions mécaniques*) : Le prix est partagé entre M. Maurice Lévy d'une part, et MM. Bertrand de Fontviolant et Kœchlin *ex-æquo* d'autre part.

5e Section (*Constructions électriques*) : Le prix est partagé entre MM. Joubert et Marcel Deprez.

6e Section (*Constructions navales*) : Le prix est partagé entre MM. Bertin et Normand.

7e Section (*Artillerie et défenses métalliques de terre et de bord*) : Le prix est partagé entre M. le général Sebert et M. Sarrau.

Une médaille d'or, frappée spécialement, a été remise avec chaque prix aux lauréats.

Comité consultatif de l'Enseignement public. — Sont nommés membres du Comité consultatif de l'Enseignement public (1re section) :

M. Gréard, Vice-Recteur honoraire de l'Académie de Paris;

M. Liard, Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

M. Bayet, Directeur de l'Enseignement supérieur.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE

II. — LA MÉCANIQUE ANALYTIQUE[1]

I. — Le Principe des vitesses virtuelles et la Statique de Lagrange.

Que l'on traite les attractions et les répulsions réciproques des points matériels comme des réalités irréductibles à la figure et au mouvement; qu'on les considère, au contraire, comme les effets de mouvements, cachés encore à nos investigations; il n'en reste pas moins que le physicien peut et doit invoquer dans ses raisonnements, non seulement des figures et des mouvements explicites, mais encore des *forces*, actuellement hétérogènes aux notions de la Géométrie et de la Cinématique. Par là, les mots : *Expliquer un phénomène physique* prennent un sens tout différent de celui que leur attribuaient les philosophes cartésiens ou atomistes; l'explication qui s'arrête à la *force*, prise comme élément réellement ou provisoirement simple, a de l'analogie avec l'explication scolastique par les qualités et les vertus occultes.

Selon Newton comme selon Leibniz, ce qui doit distinguer essentiellement la Physique nouvelle de la Physique de l'École, c'est la *généralité* de ses principes; elle ne doit plus rendre compte de chaque phénomène en créant à son occasion une cause spéciale et nouvelle; elle doit débrouiller tout le détail des faits observés dans la nature corporelle en invoquant un nombre minimum de principes aussi amples que possible.

Certes, la Physique dont Newton a tracé le plan et posé les bases, dont Boscovich a analysé la complète structure, est déjà admirable par la simplicité et l'ampleur de ses principes; cependant, à côté de l'hypothèse fondamentale qu'il y a dans le monde : temps, étendue, masse et force, cette Physique n'admet-elle pas d'autres suppositions que l'on pourrait éliminer? Au lieu de réduire la matière à un ensemble de points inétendus et isolés les uns des autres, ne pourrait-on y concevoir des corps étendus, variables de figure, capables de se toucher? Au lieu de regarder toutes les forces comme des attractions et des répulsions réciproques, fonctions de la seule distance qui sépare les points qu'elles sollicitent, ne pourrait-on leur laisser une entière indétermination, en accouplant seulement à chaque action une réaction égale et directement opposée? N'amènerait-on pas ainsi les principes de la Mécanique au plus haut degré de généralité qui se puisse concevoir?

A cette construction de la Mécanique rationnelle, les plus grands géomètres du XVIIIe siècle contribuent; Daniel Bernoulli, d'Alembert, Euler, pour ne citer que les plus illustres, attachent leur nom à quelque partie de l'édifice; mais à Lagrange on doit son complet achèvement.

« Lagrange, a dit Fourier[1], était né pour inventer et pour agrandir toutes les sciences de calcul. Dans quelque condition que la fortune l'eût placé, ou pâtre ou prince, il aurait été grand géomètre; il le serait devenu nécessairement et sans effort... »

« Le trait distinctif de son génie consiste dans l'unité et la grandeur des vues. Il s'attachait en tout à une pensée simple, juste et très élevée. Son principal ouvrage, la *Mécanique analytique*, pourrait être nommé la Mécanique philosophique, car il ramène toutes les lois de l'équilibre et du mouvement à un seul principe; et, ce qui n'est pas moins admirable, il les soumet à une seule méthode de calcul dont il est lui-même l'inventeur. »

La première partie de la *Mécanique analytique* est consacrée à la *Statique*; elle débute par ces mots :

« On entend, en général, par *force* ou *puissance* la cause, quelle qu'elle soit, qui imprime ou tend à imprimer du mouvement au corps auquel on la suppose appliquée, et c'est aussi par la quantité du mouvement imprimé, ou prêt à imprimer, que la force ou puissance doit s'exprimer. Dans l'état d'équilibre, la force n'a pas d'effet actuel; elle ne produit qu'une simple tendance au mouvement; mais on doit toujours la mesurer par l'effet qu'elle produirait si elle n'était pas arrêtée. »

En marge de l'exemplaire de la *Mécanique analytique* qui avait guidé ses méditations, Saint-Venant écrit ces mots : « Ainsi, l'auteur de la *Mécanique analytique* ne met pas en doute l'existence des forces ou de causes spéciales de chaque mouvement. » En effet, le passage que nous venons de citer reproduit les idées, et presque les termes, de certains fragments de Leibniz; comme Leibniz, Lagrange regarde la notion de force comme une des notions premières de la Mécanique; s'il invoque le mouvement, ce n'est pas pour expliquer la force, c'est seulement pour faire correspondre à cette idée,

[1] Voyez la première partie de cette étude dans la *Revue* du 30 janvier 1903, t. XIV, pages 63 et suivantes.

[1] *Eloge historique de M. le marquis de Laplace*, prononcé dans la séance publique de l'Académie Royale des Sciences, le 15 juin 1829, par M. le baron Fourier.

transcendante à la Géométrie, un symbole numérique capable de figurer dans les formules.

Lagrange se préoccupe, tout d'abord, de poser les principes de la Statique, c'est-à-dire de fixer les circonstances dans lesquelles les forces appliquées à un système matériel le tiendront en équilibre.

Le problème statique était aisé dans la Physique newtonienne; tout système se réduisant à des points libres, l'équilibre du système découlait de l'équilibre de chaque point; et chaque point se trouvait en équilibre lorsqu'il était sollicité par des forces dont la résultante était nulle; ainsi, toute la Statique se tirait de la seule règle du parallélogramme des forces.

La question est autrement délicate lorsqu'on restitue aux corps leur étendue, leur figure, la possibilité de glisser ou de rouler les uns sur les autres, voire de se déformer.

Déjà, pour raisonner sur l'équilibre de semblables systèmes, au moins dans des cas très simples, Archimède avait posé le principe de l'équilibre du levier. La longue élaboration qui, au cours des temps modernes, a façonné la Mécanique, a transformé peu à peu cette antique règle en un principe nouveau, infiniment plus général : *le Principe des déplacements virtuels*.

Pour retrouver la source du Principe des déplacements virtuels, il faut remonter jusqu'à la Renaissance, à Léonard de Vinci, à Guido Ubaldi; il se précise dans les écrits de Galilée, dont les raisonnements sont un commentaire de cette formule : « Le gain de puissance qu'assure un mécanisme entraîne une perte équivalente de vitesse »; de Descartes, qui part de cette proposition : « La mesme force qui peut lever un poids de 100 livres à la hauteur de deux pieds, en peut lever un de 200 livres à la hauteur d'un pied »; de Toricelli, de Pascal, qui admettent ce principe : « Jamais un corps ne se meut par son poids sans que son centre de gravité descende ».

Quelque peu délaissé pendant que Huygens et Newton créaient la science du mouvement, le Principe des vitesses virtuelles, ou mieux des déplacements virtuels, fut repris sous une forme plus complète et plus 'générale par Jean II Bernoulli, qui le communiqua en 1717 à Varignon; celui-ci, dans sa *Nouvelle Mécanique*, en donna de nombreuses applications; mais il était réservé à Lagrange d'y découvrir une base assez large pour y asseoir la Mécanique tout entière [1].

Les corps qui composent un système matériel ne peuvent pas éprouver n'importe quel changement de forme ou de position; la nature qu'on leur attribue, qui sert à les dénommer, qui constitue proprement leur définition, exclut certains déplacements, certaines déformations qu'il serait contradictoire de leur attribuer. Un corps est-il un solide? Sa place peut changer, mais sa figure et ses dimensions doivent demeurer invariables. Deux solides sont-ils en contact? Ils peuvent rouler et glisser l'un sur l'autre, mais sans se pénétrer ni se déformer. Un fil flexible et inextensible peut dessiner toutes sortes de lignes, pourvu que sa longueur ne change pas. Un fluide incompressible peut occuper les espaces les plus diversement figurés, pourvu qu'ils aient tous le même volume. On nomme *liaisons* ces conditions restrictives qui découlent de la définition même d'un système mécanique, et *équations de liaisons* les égalités algébriques par lesquelles s'expriment ces conditions.

Si l'on ne veut pas contredire à la définition même d'un système, on ne peut imposer par la pensée aux corps qui le composent tous les déplacements imaginables, mais seulement ceux qui sont compatibles avec les liaisons; ce sont ces déplacements que l'on nomme *déplacements virtuels*.

Imposons au système que nous voulons étudier un déplacement infiniment petit; le point d'application de chacune des forces qui sollicitent le système décrit un chemin infiniment petit, que l'on peut traiter comme rectiligne; prenons la composante de la force suivant ce chemin infiniment petit et multiplions la grandeur de la composante par la longueur du chemin; le produit obtenu sera le *travail* de la force dans le déplacement infiniment petit que nous considérons; si le déplacement est virtuel, le travail sera un *travail virtuel*.

Nous sommes maintenant en mesure d'énoncer le principe fondamental de la Statique : *Pour qu'un ensemble de forces tienne en équilibre un système matériel, il faut et il suffit que tout déplacement virtuel infiniment petit imposé au système fasse prendre la valeur zéro à la somme des travaux virtuels des forces.*

Autour de ce principe, que d'idées neuves et fécondes viennent se grouper, en la première partie de la *Mécanique analytique!* Il en est que Lagrange expose en quelques lignes, mais dont la portée s'affirmera chaque jour davantage.

Il est clair que le travail virtuel d'un ensemble de forces, appliquées à un système qui subit un déplacement donné, change simplement de signe si l'on renverse le sens de toutes les forces, sans changer ni la grandeur, ni le point d'application de chacune d'elles. Dès lors, imaginons deux ensembles de forces, différents l'un de l'autre, mais qui, appliqués successivement à un même système

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 1re partie, section II. (Nous citerons toujours cet ouvrage d'après la seconde édition, la dernière à laquelle Lagrange ait mis la main.)

matériel, produiraient, en tout déplacement virtuel, le même travail. Appliquons-les simultanément, après avoir renversé le sens des forces en l'un d'eux. Tout déplacement virtuel engendrera maintenant un travail nul, en sorte que le système sera en équilibre. Ainsi, l'un quelconque de nos deux ensembles est équilibré par l'autre, quand on a renversé le sens des forces en ce dernier. En d'autres termes, nos deux ensembles de forces sont exactement équivalents pour le système matériel étudié; on peut les substituer l'un à l'autre sans rien changer aux propriétés mécaniques de ce système.

Il importe donc peu de connaître par le détail chacune des forces appliquées aux divers corps d'un système, son point d'application, sa grandeur, sa direction; pourvu que les renseignements donnés sur l'ensemble des forces permettent de déterminer le travail effectué dans un déplacement virtuel quelconque, on en sait assez; toute donnée supplémentaire serait superflue; des renseignements de forme différente, mais qui conduisent à la même expression du travail virtuel, s'identifient aux yeux du mécanicien[1].

C'est ainsi qu'aux diverses forces appliquées à un corps solide, on pourra substituer un certain ensemble de deux forces, ou bien une force et un couple, ou bien encore d'autres combinaisons de forces; toutes ces combinaisons, qui semblent distinctes au géomètre, fournissent le même travail en un déplacement virtuel du corps solide; le mécanicien ne les distingue donc pas les unes des autres.

Il suit de là que le mécanicien ne pourra, en étudiant l'équilibre et le mouvement d'un solide, décider si le groupe de forces auquel ce solide est effectivement soumis est l'une ou l'autre de ces combinaisons; la question n'aura pour lui aucun sens; le géomètre pensera qu'il subsiste une indétermination dans la solution du problème, mais non pas le mécanicien, s'il a tant soit peu médité les principes de la science qu'il cultive; il verra clairement qu'à tout ensemble de forces susceptible de produire les mouvements qu'on observe en un système, on en peut substituer une infinité d'autres qui produiraient les mêmes mouvements.

Pour définir dans toute sa généralité le déplacement virtuel infiniment petit d'un système mécanique, il n'est pas nécessaire, dans la plupart des cas, de se donner la grandeur et la direction du chemin parcouru par chacun des points matériels; il suffit de se donner les valeurs de certaines quantités infiniment petites convenablement choisies; les propositions qui fixent la nature du système permettront, lorsqu'on connaîtra ces valeurs, de déterminer le chemin parcouru par tel point que l'on voudra.

Supposons, par exemple, que le système étudié soit un corps solide; un théorème bien connu nous enseigne que l'on pourra toujours conduire ce solide d'une position arbitrairement donnée à une autre position également arbitraire par la méthode suivante : Trois droites rectangulaires, issues d'un même point, étant choisies une fois pour toutes, on imprimera successivement au solide une rotation convenable autour de chacune de ces trois droites, puis une translation convenable dans la direction de chacune de ces trois droites. La connaissance des trois rotations et des trois translations déterminera la trajectoire suivie par un point quelconque du solide; elle fixera complètement le déplacement virtuel.

Imaginons que tout déplacement virtuel infiniment petit d'un certain système soit ainsi pleinement connu lorsqu'on se donne les variations infiniment petites $\delta\alpha$, $\delta\beta$, ... éprouvées par certaines grandeurs, plus ou moins nombreuses, α, β, ...; ces grandeurs sont les *variables indépendantes* du système.

L'expression du travail virtuel des forces appliquées au système prendra la forme[1] : $A\delta\alpha + B\delta\beta + \dots$

Pour connaître tous les effets des forces qui agissent sur le système, il est nécessaire et suffisant de connaître l'expression de leur travail virtuel; et, pour connaître cette expression, il est nécessaire et suffisant de connaître les grandeurs A, B, ... Ainsi, la connaissance de ces grandeurs est ce qui importe véritablement au mécanicien, et non point celle des forces au moyen desquelles elles sont censées formées. On peut, à ces grandeurs, donner le nom de *forces généralisées*[2].

La nature d'une force généralisée A dépend de la nature de la variable α à laquelle elle se rapporte, car le produit $A\delta\alpha$ doit toujours représenter un *travail*. Si α et, partant, $\delta\alpha$ sont des longueurs, A est une *force proprement dite*; mais, si α et $\delta\alpha$ sont des angles, A sera une grandeur de même espèce que le *moment d'un couple*; si α et $\delta\alpha$ sont des surfaces, A sera une *tension superficielle*; si α et $\delta\alpha$ sont des volumes, A sera homogène à une *pression*.

Lorsque le travail virtuel des forces appliquées à un système a été mis sous la forme $A\delta\alpha + B\delta\beta + \dots$, où les forces généralisées A, B, ... obéissent à des lois connues, les conditions d'équi-

[1] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section II, n° 14.

[1] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section II, nos 12 et 13.

[2] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section II, n° 9.

libre du système s'obtiennent immédiatement sous la forme la plus générale et la plus simple; elles doivent annuler chacune des quantités A, B, ...

Les analystes savent qu'en général une expression telle que $A\delta\alpha + B\delta\beta + ...$, où A, B, ... dépendent de α, β, ... n'est pas la diminution d'une grandeur qui soit entièrement connue lorsqu'on connaît les valeurs de α, β, ... Mais cette proposition, généralement fausse, devient exacte dans certains cas particuliers; le travail accompli dans un déplacement virtuel quelconque est alors la diminution subie, en ce déplacement, par une certaine grandeur qui, pour chaque état du système, prend une valeur déterminée[1]. A cette grandeur, Lagrange n'a point donné de nom particulier; on la nomme aujourd'hui le *potentiel* des forces qui agissent sur le système.

L'existence d'un potentiel des forces qui agissent sur un système apparaît au mathématicien comme une propriété exceptionnelle; mais, si l'on suppose qu'un système est soumis seulement aux actions réciproques des points matériels ou des éléments de volume qui le composent; si l'on admet, avec Newton, que l'action réciproque de deux éléments est une attraction ou une répulsion; que la grandeur de cette action s'obtient en multipliant par les masses des deux éléments une fonction de leur mutuelle distance; il se trouve que l'ensemble des forces admet un potentiel; l'étude d'un système qui admet un potentiel comprend donc, comme cas particulier, l'étude d'un système isolé dans l'espace et constitué comme le veut la Physique newtonienne. En nous bornant à l'étude des systèmes dont les *actions intérieures* admettent un potentiel, il semblera au géomètre que nous nous cantonnons en un problème infiniment particulier; cependant, ce problème surpassera infiniment, en ampleur et en généralité, le problème posé par Newton et ses disciples.

L'effet mécanique d'un ensemble de forces dépend uniquement de l'expression de leur travail virtuel; lorsque les forces admettent un potentiel, le travail qu'elles accomplissent en une modification virtuelle quelconque peut se calculer, pourvu que l'on connaisse la valeur du potentiel en chacun des états du système; cette connaissance remplace alors et rend inutile la connaissance des forces ou des forces généralisées. Ainsi, pour fixer entièrement les propriétés mécaniques intrinsèques d'un ensemble de corps, il n'est plus nécessaire de détailler ni les forces qui s'exercent à l'intérieur de cet ensemble, ni les forces généralisées auxquelles elles équivalent; il suffit d'indiquer comment le *potentiel interne* varie avec l'état du système.

Poussons plus loin : Nous pouvons, si nous le voulons, ne considérer en Mécanique que des groupes de corps entièrement isolés dans l'espace; il nous suffit, pour cela, de comprendre en un seul ensemble et le système particulier que nous voulons étudier, et les corps dont l'influence sur ce système ne nous paraît pas négligeable. Alors nous n'aurons plus affaire qu'à des forces mutuelles s'exerçant entre les divers corps d'un même système; ces forces intérieures sont supposées dépendre d'un potentiel, dont la connaissance rend inutile la connaissance des forces mêmes. Ainsi, la notion de *force*, après s'être fondue dans une notion plus ample, celle de *force généralisée*, perd, pour ainsi dire, son caractère premier et irréductible et apparaît comme une simple dérivation de la notion de *potentiel*; telle est la conséquence naturelle des principes posés par Lagrange.

La fécondité de ces principes n'est pas encore épuisée. Ils vont nous fournir une notion nouvelle, dont le rôle sera considérable dans les débats touchant la Mécanique rationnelle, la notion de *force de liaison*[1].

Considérons deux systèmes, que nous désignerons par les chiffres 1 et 2. L'état du système 1, pris isolément, est fixé par les variables indépendantes α_1, β_1, ...; le travail virtuel de toutes les forces qui le sollicitent est $A_1\delta\alpha_1 + B_1\delta\beta_1 + ...$ L'état du système 2, pris isolément, est fixé par les variables indépendantes α_2, β_2, ...; le travail virtuel de toutes les forces qui le sollicitent est $A_2\delta\alpha_2 + B_2\delta\beta_2 + ...$

Maintenant, *sans rien changer aux forces qui sollicitent réellement les systèmes* 1 *et* 2, juxtaposons ces systèmes de telle sorte que certains corps du premier système se trouvent au contact de certains corps du second système, et considérons la réunion de ces deux systèmes comme formant un système unique.

Chaque déplacement virtuel du système résultant imposera aux quantités α_1, β_1, ..., α_2, β_2, ..., des variations infiniment petites $\delta\alpha_1$, $\delta\beta_1$, ..., $\delta\alpha_2$, $\delta\beta_2$, ... et aux forces agissantes un travail $A_1\delta\alpha_1 + B_1\delta\beta_1 + ... + A_2\delta\alpha_2 + B_2\delta\beta_2 + ...$; mais, et c'est ici le point essentiel de ces considérations, on n'obtiendra pas toujours un déplacement virtuel du système résultant en combinant n'importe quel déplacement virtuel du système 1 avec n'importe quel déplacement virtuel du système 2; chacun de ces deux déplacements virtuels était concevable

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section III, no 21.

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section IV, § I.

lorsque chacun des systèmes 1 et 2 existait seul; leur ensemble peut devenir inconcevable lorsque les systèmes 1 et 2 sont juxtaposés, parce qu'il aurait pour effet d'amener à la fois, en un même lieu de l'espace, certains corps du système 1 et certains corps du système 2. La juxtaposition des systèmes 1 et 2 impose donc aux déplacements de chacun d'eux de nouvelles restrictions, de nouvelles liaisons; ces liaisons ne laissent plus entièrement arbitraires les valeurs infiniment petites que l'on peut, en un déplacement virtuel, attribuer à $\delta\alpha_1$, $\delta\beta_1$, ..., $\delta\alpha_2$, $\delta\beta_2$, ...; elles exigent que ces valeurs vérifient une ou plusieurs égalités dites *équations de liaison*.

Le souci de la généralité mathématique doit, dans cet écrit, céder le pas au désir de présenter les idées sous la forme la plus simple et la plus saillante. Supposons donc que la réunion des systèmes 1 et 2 ait donné naissance à une seule équation de liaison :

$$a_1\delta\alpha_1 + b_1\delta\beta_1 + \ldots + a_2\delta\alpha_2 + b_2\delta\beta_2 + \ldots = 0.$$

Pour trouver les conditions d'équilibre du système, nous devrons exprimer non pas que tout ensemble de valeurs attribué à $\delta\alpha_1$, $\delta\beta_1$, ..., $\delta\alpha_2$, $\delta\beta_2$, ..., annule le travail virtuel, mais seulement que ce travail est nul toutes les fois que la condition de liaison est vérifiée. L'Algèbre nous enseigne alors que l'on peut trouver un certain facteur λ, dépendant de l'état des systèmes 1 et 2 et des forces qui les sollicitent, par lequel le problème précédent se ramène à celui-ci : Annuler, pour tout ensemble de valeurs de $\delta\alpha_1$, $\delta\beta_1$, ..., $\delta\alpha_2$, $\delta\beta_2$, ..., la somme du travail virtuel et du premier membre de l'équation de liaison, ce dernier ayant été, au préalable, multiplié par λ. Ainsi s'obtiendront les conditions d'équilibre de notre système complexe, qui seront les suivantes :

$$\begin{array}{lll} A_1 + \lambda a_1 = 0, & B_1 + \lambda b_1 = 0, & \ldots, \\ A_2 + \lambda a_2 = 0, & B_2 + \lambda b_2 = 0, & \ldots. \end{array}$$

Prenons les équations de la première ligne; ce sont celles que nous aurions immédiatement obtenues comme conditions d'équilibre du système 1, si nous l'avions traité en faisant abstraction de la gêne que le contact du système 2 apporte à ses déplacements et en le supposant soumis non pas aux forces généralisées A_1, B_1, ..., mais aux forces généralisées $A_1 + \lambda a_1$, $B_1 + \lambda b_1$, ... Les équations de la seconde ligne nous suggèrent des remarques analogues touchant le système 2.

Dès lors, nous voyons qu'on peut obtenir les équations d'équilibre de chacun des deux systèmes par deux voies, distinctes en apparence, mais rigoureusement équivalentes.

Par une première voie, on regarde chacun des deux systèmes comme soumis aux forces qui le sollicitent en réalité, mais on tient compte des restrictions que leur mutuel contact impose aux déplacements virtuels de chacun d'eux.

Par une seconde voie, on traite chacun des deux systèmes comme s'il existait seul, mais à chacune des forces généralisées, telles que A_1, auxquelles il est réellement soumis, on ajoute une force généralisée *purement fictive* λa_1; la forme de cette *force de liaison* dépend de la nature de la condition de liaison et de l'expression du facteur λ, dit *multiplicateur de Lagrange*.

On peut caractériser brièvement les rapports qui existent entre ces deux méthodes en disant que la première consiste à conserver les conditions de liaison en évitant d'introduire les forces de liaison, et que la seconde consiste à supprimer les conditions de liaison et à introduire les forces de liaison.

Pour mettre en lumière les fondements de la Statique de Lagrange, nous avons considéré un système dont l'état est entièrement fixé par un nombre plus ou moins grand, mais limité, de variables indépendantes; tous les systèmes ne peuvent être ainsi définis; il en est de continus, qui doivent être décomposés entre un nombre illimité d'éléments infiniment petits, contigus les uns aux autres; chacun de ces éléments dépend d'un nombre limité de variables. Parmi ces systèmes continus, les uns, comme les fils ou les verges élastiques, s'étirent suivant une seule dimension; d'autres, comme les membranes et les plaques, s'étalent selon deux dimensions; d'autres enfin, comme les fluides ou les solides élastiques, sont d'étendue finie en toutes dimensions. Les principes dont nous venons de marquer les principaux traits s'appliqueront à de tels systèmes sans qu'il soit besoin de les modifier très profondément[1]. Seulement l'expression du travail virtuel, au lieu d'être simplement une somme de termes, sera représentée par une intégrale simple, double ou triple; elle n'en sera pas moins soumise aux règles du calcul des variations.

Par là, les lois de l'équilibre des fils et des membranes flexibles[2] prennent une clarté et une généralité singulières; mais c'est surtout l'étude de l'équilibre des liquides qui prouve l'ampleur et la pénétration des méthodes de Lagrange.

Sans doute, depuis le temps d'Archimède, l'Hydrostatique avait fait d'incontestables progrès. Galilée, Stevin et Pascal étaient parvenus, après bien des tâtonnements, à découvrir les lois exactes de l'équi-

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section IV, § II.

[2] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section V, chapitre III.

libre des fluides pesants. Le problème de la figure des planètes avait contraint les géomètres de soumettre à leur analyse des corps fluides sollicités par d'autres forces que la simple pesanteur; aux essais de Huygens, de Newton, de Bouguer et de Mac Laurin, Clairaut avait substitué une méthode générale et rigoureuse; dans le petit Traité[1], chef-d'œuvre de clarté et d'élégance, qu'il avait publié en 1743, il avait donné les formules générales de l'équilibre des fluides, établi les liens qui existent entre l'Hydrostatique et la théorie des différentielles totales, prouvé qu'un fluide ne peut pas être mis en équilibre par toutes sortes de forces, enfin découvert les propriétés essentielles des surfaces de niveau; en 1755, Euler avait retrouvé les résultats de Clairaut par un procédé différent; ce même procédé devait un jour permettre à Cauchy d'établir les lois dont dépend la pression au sein d'un corps quelconque.

Toutefois, malgré ces progrès constants, tout n'était pas clair et rigoureux dans la théorie de l'équilibre des fluides; la nature de la pression hydrostatique demeurait bien obscure; on admettait que cette pression existe, qu'elle est toujours normale à l'élément superficiel auquel elle se rapporte, que sa grandeur ne varie pas lorsque cet élément superficiel tourne autour d'un de ces points; mais, de ces propositions, on n'avait aucune démonstration, de la pression même, aucune définition précise.

Ces propositions, Lagrange les obtient toutes ensemble[2] par l'emploi de sa méthode générale; la pression hydrostatique s'introduit dans ses raisonnements comme un de ces *multiplicateurs* qu'emploie le Calcul des variations pour se débarrasser des conditions de liaison; la définition de cette pression se trouve, par là, intimement liée à la notion de force de liaison. Insistons quelque peu sur cette définition, car elle a donné lieu à de graves débats dont nous parlerons plus loin.

Imaginons qu'une surface S partage un fluide en équilibre en deux parties A et B; lorsque le fluide éprouve un déplacement virtuel, les deux parties A et B ne se compénètrent pas; ce déplacement ne saurait donc résulter de n'importe quel déplacement de la partie A, prise isolément, joint à n'importe quel déplacement de la partie B, prise isolément; le contact de ces deux parties constitue pour chacune d'elles une *liaison*.

Gardons à la partie A sa forme et sa position; supprimons la partie B, *mais en laissant inaltérées toutes les forces qui agissent réellement sur* A; si, parmi ces forces, il en est qui émanent de B, imaginons qu'elles soient remplacées par d'autres forces exactement égales, mais issues de certains corps non contigus à A.

Débarrassé de l'obstacle que lui opposait le contact de la partie B, le fluide A, en général, ne se trouvera plus en équilibre; la méthode de Lagrange démontre qu'on le remettra en équilibre si l'on applique à chaque élément dS de la surface S une force normale à la surface S, pénétrant à l'intérieur de la région A, et de grandeur $\Pi\, dS$. Le facteur Π demeure invariable si l'élément dS tourne autour d'un de ses points; il représente la *pression hydrostatique* en ce point.

Lors donc que les deux parties fluides A et B sont en contact, la pression hydrostatique n'agit réellement ni sur l'une, ni sur l'autre; mais, si, par la pensée, on supprime l'une d'elles pour traiter l'autre comme si elle existait seule, on doit appliquer à celle-ci la pression hydrostatique, afin de remplacer l'obstacle que celle-là opposait à son mouvement.

II. — Le Principe de d'Alembert et la Dynamique de Lagrange.

Les recherches de Galilée sur l'accélération dans la chute des corps pesants, de Huygens sur la force centrifuge dans le mouvement circulaire, ont conduit Newton à poser la loi du mouvement que prend un point matériel sous l'action d'une force, donnée d'une manière quelconque. Considérons, d'une part, la ligne qui représente cette force; d'autre part, une ligne dirigée comme l'accélération et égale au produit de celle-ci par la masse du point; en toutes circonstances, ces deux lignes ont même direction et même longueur.

Ce principe suffit à mettre complètement en équations le problème de la Dynamique si, conformément aux règles de la Philosophie newtonienne, on réduit tous les corps à des points matériels exerçant les uns sur les autres des attractions ou des répulsions. Il devient, au contraire, insuffisant si l'on veut, avec Lagrange, traiter des corps de dimensions finies, contigus les uns aux autres et soumis à des liaisons variées. Il faut alors faire usage d'un Principe dont le précédent n'est qu'un cas extrêmement particulier.

L'invention de ce principe général, propre à mettre en équations tous les problèmes de la Dynamique, fut l'objet de longs et puissants efforts dont Lagrange nous a retracé l'histoire[1]; ces efforts aboutirent à la découverte du principe de d'Alembert.

[1] Clairaut : *Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydrostatique*, Paris, 1743.

[2] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section VII, § ii.

[1] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e partie, section I.

Nous avons considéré, il y a un instant, dans le mouvement d'un point matériel, la ligne qui est dirigée comme l'accélération et qui a pour mesure le produit de la masse par l'accélération ; nous avons vu que cette ligne était sans cesse confondue avec la force.

Sans changer la longueur ni la direction de cette ligne, renversons-en le sens; la nouvelle ligne pourra être censée représenter une force, que nous nommerons *force d'inertie*. Nous pourrons alors énoncer le principe fondamental de la Dynamique du point matériel en disant que la force qui agit réellement sur ce point est, à chaque instant, égale et directement opposée à la force d'inertie; ou bien encore que la force réellement agissante et la force fictive d'inertie forment, à chaque instant, un ensemble de forces capables de maintenir le point matériel en équilibre.

Il suffit de généraliser ce dernier énoncé pour obtenir le Principe de d'Alembert.

Prenons un système mécanique quelconque, formé de points matériels ou de corps continus, et divisons ceux-ci en volumes élémentaires; à chaque point ou à chaque élément, nous pouvons imaginer que l'on applique une force d'inertie; dirigée en sens contraire de l'accélération du point ou de l'élément, elle aura pour mesure le produit de cette accélération par la masse de ce point ou de cet élément. *A chaque instant, l'ensemble des forces qui agissent réellement sur le système et des forces fictives d'inertie serait capable de maintenir le système en équilibre dans l'état même qu'il présente à cet instant.*

Ce *postulat* — on ne saurait lui donner d'autre nom, malgré les raisonnements, visiblement insuffisants, par lesquels d'Alembert et d'autres, après lui, ont tenté de le justifier — fut imaginé pour traiter d'une manière rationnelle la résistance des fluides[1]. Après en avoir montré l'utilité dans la Dynamique des systèmes formés par des agencements de corps solides[2], d'Alembert l'appliqua derechef au mouvement des fluides[3]; il parvint ainsi aux équations de l'Hydrodynamique, dont Euler devait bientôt tirer tant d'admirables conséquences.

Le Principe de d'Alembert ramène la mise en équations d'un problème quelconque de Dynamique à la mise en équations d'un problème de Statique; or, pour traiter ce dernier problème, Lagrange a donné une formule générale, tirée du Principe des vitesses virtuelles; cette formule va maintenant s'étendre et produire[1] la « formule générale de la Dynamique pour le mouvement d'un système quelconque de corps ». Cette formule exprimera que tout déplacement virtuel imposé au système, à partir de l'état qu'il présente à un instant quelconque, fait prendre la valeur zéro à la somme du travail des forces réelles et du travail des forces fictives d'inertie.

Toutes les idées essentielles introduites par Lagrange dans l'étude de la Statique se trouvent ainsi transportées à l'étude de la Dynamique, et leur fécondité en est immensément accrue.

La mise en équations du problème de la Statique prend la forme la plus simple possible lorsque la déformation virtuelle la plus générale du système est définie par les variations infiniment petites $\delta\alpha$, $\delta\beta$... des variables indépendantes α, β, ... Le travail virtuel des forces réellement agissantes prend alors la forme $A\delta\alpha + B\delta\beta + ...$; les *forces généralisées* A, B, ... dépendent des variables α, β, ...

D'une manière analogue, le travail virtuel des forces d'inertie peut se mettre sous la forme $J_\alpha\delta\alpha + J_\beta\delta\beta + ...$; les grandeurs J_α, J_β, ..., qu'il est naturel de nommer *forces d'inertie généralisées*, dépendent des variables α, β, ..., de leurs premières dérivées par rapport au temps, que l'on nommera les *vitesses généralisées*, et de leurs secondes dérivées par rapport au temps, que l'on nommera les *accélérations généralisées*.

Lagrange a d'ailleurs donné[2], pour former ces quantités J_α, J_β, ..., une règle d'une extrême élégance; cette règle fait intervenir une grandeur qui va jouer en Dynamique un rôle essentiel: la *force vive du système*. Cette force vive s'obtient de la manière suivante : Prenant chacun des points ou des éléments de volume qui composent le système, on multiplie la moitié de sa masse m par le carré de sa vitesse v et l'on fait la somme des produits obtenus; cette somme $\frac{mv^2 + m'v'^2 + ...}{2}$ est la force vive.

La force vive peut s'exprimer au moyen des variables indépendantes α, β, ... et des vitesses généralisées ; l'expression de la force vive au moyen de ces éléments possède cette double propriété d'être homogène et du second degré par rapport aux vitesses généralisées, et d'être positive pour peu que le système soit en mouvement. En faisant usage de la première de ces deux propriétés, Lagrange a institué un calcul régulier qui, de cette expression de la force vive, tire les forces d'inertie généralisées.

[1] D'ALEMBERT : *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, Paris, 1742, chapitre I, proposition I.
[2] D'ALEMBERT : *Traité de Dynamique*, Paris, 1743.
[3] D'ALEMBERT : *Traité de l'Équilibre et du Mouvement des fluides pour servir de suite au Traité de Dynamique*, Paris, 1744.

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 2e partie, section II, no 5.
[2] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 2e partie, section IV, no 7.

La formule fondamentale de la Dynamique exige que la somme des deux quantités $A\delta\alpha + B\delta\beta + \ldots$ et $J_\alpha\delta\alpha + J_\beta\delta\beta + \ldots$ soit égale à zéro pour tous les déplacements virtuels imposés au système, ou, en d'autres termes, que l'on ait, à chaque instant:

$$A + J_\alpha = 0, \qquad B + J_\beta = 0, \qquad \ldots\ldots$$

Ainsi s'obtiennent, sous la forme la plus simple et la plus maniable, les équations qui régissent le mouvement du système.

Ces *équations de Lagrange* sont en même nombre que les variables indépendantes α, β, ...; elles relient entre elles non seulement ces variables, mais encore leurs premières et secondes dérivées par rapport au temps; elles constituent donc ce que les géomètres nomment un *système d'équations différentielles du second ordre.*

On n'attend pas de nous que nous exposions, même sommairement, les travaux auxquels ces équations ont donné lieu, depuis l'époque de Poisson, de Cauchy, de Pfaff, de Hamilton, de Jacobi, jusqu'à notre temps, illustré par les recherches de M. Henri Poincaré, de M. Painlevé, de M. Hadamard; c'est l'histoire même des équations différentielles du second ordre que nous serions amené à écrire; disons seulement qu'un des principaux faits analytiques mis en évidence par cette histoire serait l'extrême importance de la notion de *potentiel*, introduite par Lagrange.

Cette importance, d'ailleurs, va déjà éclater aux yeux par l'examen rapide de quelques questions de Dynamique, prises entre les plus essentielles ; ces questions se rattachent toutes à l'*équation de la force vive*[1].

Le fondement de cette équation se trouve dans cette remarque bien simple : Lorsqu'un système se meut pendant un certain laps de temps, les forces d'inertie effectuent un travail qui est précisément égal à la diminution de la force vive pendant le même temps. Dès lors, il suffit d'user de la formule fondamentale de la Dynamique, en traitant comme déplacement virtuel chacun des éléments du mouvement réel, pour obtenir la proposition suivante :

Le travail effectué, pendant un certain laps de temps, par les forces réelles qui sollicitent un système est égal à l'accroissement éprouvé, en même temps, par la force vive du système.

Ainsi se trouve précisée et ramenée aux principes mêmes de la Mécanique la célèbre loi de la force vive, aperçue en premier lieu par Leibniz.

Lorsque les forces auxquelles le système est soumis admettent un potentiel, cette loi prend une forme bien remarquable; dans ce cas, en effet, le travail accompli par les forces durant un certain laps de temps est égal à la diminution du potentiel pendant ce temps ; cette diminution du potentiel est donc égale à l'augmentation éprouvée, en même temps, par la force vive, en sorte que *la somme du potentiel et de la force vive garde, pendant toute la durée du mouvement, une valeur invariable.*

Un système isolé se trouve dans les conditions requises pour que ce théorème soit applicable ; les seules forces sont alors celles que les diverses parties du système exercent les unes sur les autres, et nous avons admis qu'elles dérivaient d'un potentiel ; dans ce cas, on donne souvent au potentiel des forces intérieures le nom d'*énergie potentielle* du système ; à la force vive, le nom d'*énergie vive, actuelle* ou *cinétique* ; à leur somme, le nom d'*énergie totale* ; la proposition précédente prend alors cette forme : *Dans le mouvement d'un système matériel soustrait à l'action de tout corps extérieur, l'énergie totale du système garde une valeur invariable* ; sous le nom de *Principe de la conservation de l'énergie*, cette proposition a joué un rôle capital dans le développement de la Physique.

Si le système étudié était soumis à l'action de certains corps extérieurs, la valeur de son énergie totale pourrait varier ; l'accroissement subi par cette énergie pendant un certain laps de temps serait précisément égal au travail effectué, en même temps, par les forces qui proviennent des corps extérieurs.

En usant de l'équation de la force vive dans le cas où les forces qui s'exercent dérivent d'un potentiel, Lagrange a découvert un théorème fort important touchant la *stabilité de l'équilibre.*

Prenons un système mécanique soumis à de telles forces et, sans lui imprimer aucune vitesse initiale, plaçons-le dans un état où le potentiel des forces agissantes est moindre qu'en tout état voisin ; les lois de la Statique montrent sans peine que le système demeurera en équilibre dans cet état. Les lois de la Dynamique et, en particulier, l'équation de la force vive, nous donnent un nouveau renseignement : A un instant donné, écartons très peu le système de son état d'équilibre et communiquons lui des vitesses très petites ; le système va se mettre en mouvement, mais les divers états par lesquels il passera au cours de ce mouvement resteront toujours très voisins de l'état d'équilibre initial et les vitesses de ses différentes parties garderont de très petites valeurs ; l'équilibre initial sera un *équilibre stable*. De cette belle proposition, Lagrange[1] donna une démonstration que, par de légères modifica-

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 2e Partie, Section III, § V.

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 1re partie, section III, § V, n° 25.

tions, Lejeune-Dirichlet[1] rendit tout à fait rigoureuse.

Au voisinage d'une telle position d'équilibre stable, le système, légèrement écarté de son état d'équilibre, exécute de petites oscillations; ces oscillations résultent de la superposition d'autant de vibrations simples qu'il y a de variables indépendantes[2]; les méthodes imaginées par Lagrange pour étudier ces oscillations sont également précieuses au physicien et à l'ingénieur; elles n'ont pas moins de portée en Acoustique que dans la théorie des vibrations des machines.

Un système ne peut-il se trouver en équilibre stable que dans les positions où le potentiel atteint une valeur minimum? Lagrange crut avoir démontré cette proposition; mais ses raisonnements étaient visiblement insuffisants; c'est seulement de nos jours que M. Liapounoff et M. Hadamard ont pu, dans un cas fort étendu, leur substituer des déductions convaincantes.

III. — La Mécanique analytique de Lagrange et la Mécanique physique de Poisson.

La notion de force fictive de liaison est celle qui distingue le plus profondément la Mécanique de Lagrange de la Mécanique de Newton et de Boscovich; en celle-ci, en effet, les corps sont exclusivement composés de points matériels *libres*, en sorte que toutes les forces que l'on y considère sont des forces réellement agissantes; en celle-là, au contraire, les corps sont des milieux continus dont les divers éléments, impénétrables les uns aux autres, se gênent mutuellement dans leurs mouvements.

Peut-on se passer de la notion de force de liaison introduite en Mécanique par Lagrange, et retrouver tous les résultats de ce géomètre en composant les corps par des points matériels qui s'attirent mutuellement? Laplace paraît avoir, le premier, émis cette opinion : « Tous les phénomènes terrestres, dit-il[3] à propos des attractions moléculaires, dépendent de ce genre de forces, comme les phénomènes célestes dépendent de la gravitation universelle. Leur considération me paraît devoir être maintenant le principal objet de la Philosophie mathématique. Il me semble même utile de l'introduire dans les démonstrations de la Mécanique, en abandonnant les considérations abstraites de lignes sans masse flexibles ou inflexibles et de corps parfaitement durs. Quelques essais m'ont fait voir qu'en se rapprochant ainsi de la Nature, on pouvait donner à ces démonstrations autant de simplicité et beaucoup plus de clarté que par les méthodes usitées jusqu'à ce jour. »

Les nombreux mémoires de Poisson vont transformer cette remarque en une véritable doctrine, rivale de celle de Lagrange et qui s'efforcera de la supplanter. Entre ces deux méthodes, le débat est l'un des plus graves, et, en même temps, l'un des plus subtils qu'ait à relater l'historien des explications mécaniques.

Remarquons, en premier lieu, qu'entre les divers éléments de volume d'un milieu continu, traité selon la méthode de Lagrange, on peut fort bien admettre l'existence de ces forces attractives ou répulsives introduites par la Physique newtonienne et nommées actions moléculaires. Lorsque, par exemple, Gauss[1] traite un fluide comme un milieu continu dont les divers éléments sont soumis à de telles forces, lorsqu'il détermine la figure de ce fluide par le procédé des déplacements virtuels, il n'écrit rien qui ne s'accorde très exactement avec les règles posées dans la *Mécanique analytique*.

Mais l'existence de ces actions mutuelles n'empêche nullement chaque partie d'un tel milieu continu d'être impénétrable aux parties voisines, en sorte que la présence de chacune de ces parties oppose un obstacle au mouvement des parties contiguës et constitue pour elles une *liaison*.

C'est à la considération de telles liaisons que se relie la notion générale de pression à l'intérieur d'un milieu quelconque, solide ou fluide, mobile ou immobile; pour définir cette notion, il suffit d'étendre ce que, d'après Lagrange, nous avons dit de la pression hydrostatique.

Considérez un milieu continu dont les divers éléments de volume sont impénétrables les uns aux autres; le mouvement de chacune des parcelles de ce milieu est soumis à certaines conditions de liaisons qui résultent de l'impénétrabilité des parcelles attenantes; isolez par la pensée, en l'entourant d'une surface fermée, une portion de ce milieu; éloignez-la de tout le reste du milieu, *tout en conservant la force réelle qui agit sur chacun des éléments de la portion ainsi isolée*; les liaisons auxquelles cette portion est soumise ont changé par cette opération, tandis que les actions réelles qui la sollicitent sont demeurées inaltérées; ces forces ne lui imprimeraient plus, en général, le mouvement qu'elles lui imprimaient lorsqu'elle était placée au sein du milieu; si l'on veut que le mouvement de cette masse demeure inaltéré par l'opération qui l'a isolée, il faudra, aux forces réellement agissantes qui en sollicitaient et qui en sol-

[1] Lejeune-Dirichlet : *Ueber die Stabilität des Gleichgewichtes* (Crelle's Journal, Bd. XXXII, § 85 ; 1846).

[2] Lagrange : *Mécanique analytique*, 2e édition, 2e partie, section VI, § I.

[3] Laplace : *Mécanique céleste*, livre XII, chapitre I.

[1] C. F. Gauss : *Principia generalia theoriæ figuræ fluidorum in statu æquilibrii* (Commentationes Societatis Gottingensis recentiores, vol. VII, 1830. — Gauss, Werke, Bd. V).

licitent encore les éléments, adjoindre des forces nouvelles, qui seront les *forces de liaison.*

Par les méthodes de Lagrange, liées aux principes fondamentaux du Calcul des variations, on démontre que ces forces sont appliquées exclusivement à la surface qui limite la masse isolée ; que chaque élément de cette surface supporte une force du même ordre de grandeur que son aire; que, pour connaître la grandeur et la direction de la force supportée par un élément, il n'est pas nécessaire de connaître la surface dont cet élément fait partie, mais seulement la position de l'élément à l'intérieur du milieu; ainsi se trouve nettement définie la notion de pression en chaque point du milieu et pour chaque orientation de l'élément superficiel mené par ce point.

Lorsque, pour définir la pression à l'intérieur d'un corps, on isole une partie de ce corps de tout ce qui l'environne, il faut avoir grand soin, comme nous l'avons indiqué, de ne supprimer aucune des forces réelles qui agissent sur cette partie. Si, par exemple, on regarde certaines de ces forces comme provenant des portions avoisinantes du milieu, de telle sorte que la suppression de ces portions entraîne la disparition de ces forces, on les supposera remplacées par d'autres forces égales, émanées de corps non contigus à la portion isolée, partant, n'apportant aucune gêne à son mouvement.

Mais il faudrait bien se garder de dire simplement et sans précautions que les pressions sont les forces qu'il faut appliquer à une portion du milieu, isolée de ce qui l'environne, pour lui rendre le mouvement qu'elle prendrait dans sa situation naturelle au sein du milieu. Dans ces conditions, en effet, les pressions remplaceraient non seulement les *liaisons* dues à la présence des parties du milieu contiguës à celle que nous avons isolée, mais encore les *forces réelles* que les premières parties peuvent exercer sur la dernière. Cette confusion ne paraît pas avoir été évitée par Lamé[1].

Pour Poisson, comme pour Boscovich, les corps ne sont continus qu'en apparence; en réalité, ils sont formés de points matériels isolés. Si nous considérons une partie d'un milieu, c'est-à-dire un groupe de points matériels, ses déplacements virtuels infiniment petits n'éprouvent aucune gêne de la part des points matériels qui avoisinent ce groupe sans le toucher; si nous éloignons ces points matériels voisins, nous ne supprimons aucune liaison au groupe conservé ; mais *nous supprimons les actions moléculaires que ce groupe éprouvait de la part des points matériels que nous avons éloignés*; les pressions que nous allons appliquer aux points matériels conservés auront pour objet de compenser exactement l'effet de ces forces moléculaires détruites. Selon cette manière de voir, les pressions ne sont plus des forces de liaison; ce sont les résultats des actions moléculaires exercées sur une partie des points matériels qui composent le système par les autres points matériels du système.

Tel est le sens attribué par Poisson à la *pression* que l'on rencontre dans l'étude des milieux solides ou fluides, à la *tension* d'un fil ou d'une membrane.

C'est, en effet, dans son *Mémoire sur les surfaces élastiques*[1] que, pour la première fois, Poisson définit de la sorte la tension d'une membrane; mais bientôt, il pousse les conséquences de cette méthode dans toutes les parties de la Physique, dans l'étude de l'Élasticité[2], de l'Hydrostatique[3], de la Capillarité[4]. Selon lui, cette innovation constitue une réforme capitale, la création d'une nouvelle Mécanique, la *Mécanique physique*, appelée à supplanter la *Mécanique analytique* de Lagrange. Voici en quels termes il s'exprime à la fin du préambule de son *Mémoire sur les corps élastiques* :

« Ajoutons qu'il serait à désirer que les géomètres reprissent, sous ce point de vue physique et conforme à la Nature, les principales questions de Mécanique. Il a fallu les traiter d'une manière tout à fait abstraite pour découvrir les lois générales de l'équilibre et du mouvement; et, en ce genre d'abstraction, Lagrange est allé aussi loin qu'on puisse le concevoir, lorsqu'il a remplacé les liens physiques des corps par des équations entre les coordonnées de leurs différents points; c'est là ce qui constitue la *Mécanique analytique;* mais, à côté de cette admirable conception, on pourrait maintenant élever la *Mécanique physique*, dont le principe unique serait de ramener tout aux actions moléculaires, qui transmettent d'un point à l'autre l'action des forces données et sont l'intermédiaire de leur équilibre. De cette manière, on n'aurait plus d'hypothèses spéciales à faire lorsqu'on voudra appliquer les règles générales de la Mécanique à des questions particulières. Ainsi, dans le problème de l'équilibre des corps flexibles, la tension qu'on introduit pour le résoudre sera le résultat immédiat des actions mutuelles des molécules, un tant soit peu écartées de leurs positions naturelles;

[1] LAMÉ : *Leçons sur la théorie mathématique de l'Élasticité des corps solides*, 2e édition, p. 10.

[1] POISSON : *Mémoire sur les surfaces élastiques*, lu à l'Institut le 1er août 1814.

[2] POISSON : *Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques*, lu à l'Académie le 14 avril 1828.

[3] POISSON : *Mémoire sur l'équilibre des fluides*, lu à l'Académie le 24 novembre 1828.

[4] POISSON : *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, Paris, 1831.

dans le cas de la lame élastique, le moment d'élasticité par flexion proviendra de ces mêmes actions considérées dans toute l'épaisseur de la plaque, et son expression sera déterminée sans aucune hypothèse; enfin les actions exercées par les fluides dans leur intérieur et sur les parois des vases qui les contiennent sont aussi les résultantes des actions de leurs molécules sur les surfaces pressées, ou plutôt sur une couche fluide extrêmement mince en contact avec chaque surface. »

Ainsi, selon Poisson, il existe deux manières de concevoir la Mécanique: dans l'une, qui est celle des géomètres, les systèmes étudiés sont soumis seulement à des forces extérieures, ou à des attractions mutuelles dépendant de la gravité universelle, mais ils sont assujettis à des liaisons; dans l'autre, qui est celle des physiciens, les systèmes sont formés de points matériels libres; mais, aux forces réelles que considérait la première Mécanique, il faut joindre les actions moléculaires qui s'exercent en chaque couple de points; *ces deux Mécaniques sont équivalentes pour qui ne tient compte que de leurs conséquences; mais la seconde serre de plus près la nature intime des choses.*

Cette doctrine de Poisson, nous l'avons dit, n'est que le développement d'une pensée de Laplace; nous ne nous étonnerons donc pas de la retrouver dans les écrits des contemporains de Poisson, particulièrement de ceux qui ont fondé la théorie de l'Élasticité. La pression est définie selon la méthode de Poisson au début du Mémoire où Navier[1] pose, pour la première fois, les conditions d'équilibre d'un solide élastique. Cauchy[2] suit la même voie lorsqu'il étend aux corps non isotropes les résultats obtenus par Navier; dans ses nombreuses et importantes recherches sur l'élasticité, il suit tantôt la méthode de Lagrange, tantôt la méthode de Laplace et de Poisson : « Dans la recherche des équations qui expriment les conditions d'équilibre ou les lois du mouvement intérieur des corps solides ou fluides, on peut, dit-il[3], considérer ces corps comme des masses continues dont la densité varie d'un point à l'autre par degrés insensibles, ou comme des systèmes de points matériels distincts, mais séparés entre eux par de très petites distances. » Cauchy semble s'attacher, en toutes circonstances, à établir l'équivalence des deux méthodes.

[1] NAVIER : *Mémoire sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques*, lu à l'Académie des Sciences le 14 mai 1821.

[2] CAUCHY : *Recherches sur l'équilibre et le mouvement intérieur des corps solides ou fluides, élastiques ou non élastiques*, communiquées à l'Académie des Sciences le 30 septembre 1822 (*Bulletin de la Société philomatique*, année 1823, p. 9).

[3] CAUCHY : *Sur les équations qui expriment les conditions d'équilibre ou les lois du mouvement intérieur d'un corps solide élastique ou non élastique* (*Anciens Exercices*, 3e année, p. 160; 1828).

Jusqu'à nos jours, les esprits les plus éminents n'ont cessé de professer, au sujet des pressions, les idées émises par Poisson, d'en admettre l'équivalence avec les opinions de Lagrange, voire de les prôner comme plus conformes que celles-ci à la véritable constitution des corps.

Parlant de la théorie de la capillarité donnée par Poisson, J. Bertrand s'exprime ainsi[1] : « Il est bien vrai que, dans le fluide physique et compressible, la pression ne peut être distinguée de la résultante des forces moléculaires et doit se calculer, comme Poisson l'a si souvent remarqué, au moyen de la fonction qui les représente. Mais, au point de vue abstrait auquel les géomètres se placent, cette pression forme une force à part, de la nature de celles que l'on introduit si souvent en Mécanique sous le nom de *forces de liaison*... »

De Saint-Venant, dont les immenses travaux ont grandement contribué aux progrès de l'élasticité, n'a cessé de défendre la manière de voir de Poisson. En marge d'un exemplaire de la *Mécanique analytique*, qui lui a appartenu, auprès du passage où Lagrange marque si nettement que la pression hydrostatique est une force de liaison, nous trouvons cette note de sa main : « La pression, c'est la répulsion moyenne des molécules fluides. » Quelques lignes plus bas, en regard d'un théorème, dû à Euler, sur la pression hydrostatique : « C'est encore une proposition *analytique*; il serait à désirer qu'on la convertît, ainsi que les autres, en principes physiques. » Au reste, dans la traduction du *Traité de l'Élasticité* de Clebsch, de Saint-Venant consacre une longue note[2] à l'exposé et à la défense des idées de Poisson.

Fidèle disciple de Saint-Venant, M. Boussinesq[3] ne considère jamais, en Mécanique, les forces de liaison, mais seulement les résultantes des actions moléculaires.

Dans son remarquable *Traité de Mécanique rationnelle*, M. de Freycinet[4] suit de tout près l'idée de Poisson; il étudie parallèlement les systèmes qu'il nomme *géométriques*, dont les différentes parties sont unies par des liaisons comprises à la manière de Lagrange, et les systèmes qu'il nomme *dynamiques*, dont les différents points, libres de

[1] J. BERTRAND : *Mémoire sur la théorie des phénomènes capillaires* (*Journal de Liouville*, t. XIII, p. 195, 1848).

[2] CLEBSCH : *Théorie de l'élasticité des corps solides*, traduite par MM. Barré de Saint-Venant et Flamant, pp. 63 et suiv.; Paris, 1881.

[3] J. BOUSSINESQ : *Leçons synthétiques de Mécanique générale*; Paris, 1889.

[4] DE FREYCINET : *Traité de Mécanique rationnelle*, t. I, p. 240; Paris, 1858.

tout lien, exercent les uns sur les autres des attractions ou des répulsions : « Dans la Nature, dit-il, *il n'y a pas de systèmes géométriques.* »

Nous n'en finirions pas si nous voulions énumérer tous les auteurs qui, explicitement ou implicitement, ont abandonné la notion de force de liaison définie par la *Mécanique analytique* pour adhérer aux principes de la *Mécanique physique*.

Ces deux méthodes propres à traiter nettement les problèmes de la Mécanique sont, toutes deux, clairement et nettement formulées; qu'il soit logiquement permis de suivre l'une ou de suivre l'autre, c'est ce que personne ne saurait contester. En revanche, ce qu'il est loisible de contester, c'est l'équivalence des deux méthodes; cette équivalence, si elle existe, ne saurait passer pour évidente; elle réclame une démonstration; il faut prouver, et non postuler, que ces deux Mécaniques conduisent, en toutes circonstances, aux mêmes conséquences. Si donc, par une de ces méthodes, on obtient des résultats qui ne s'accordent pas avec l'autre, on n'aura pas à se scandaliser de cette contradiction; mais, comparant à l'expérience les résultats disparates des deux méthodes, on pourra rechercher quelle est celle qui s'adapte le mieux aux faits.

L'histoire de la théorie de la capillarité nous offre une occasion d'appliquer ces remarques.

Depuis Newton, la plupart des géomètres se sont accordés à attribuer la figure prise par un fluide dans un vase étroit aux attractions moléculaires qu'exercent, les unes sur les autres, les diverses parties du fluide. Cette hypothèse s'accorde, cela va de soi, avec les principes de la Mécanique de Poisson; mais elle est également conciliable, nous l'avons remarqué, avec les principes de la Mécanique de Lagrange; seulement, dans cette dernière, le fluide est supposé continu; les attractions moléculaires s'exercent alors, non pas entre des points, mais entre des volumes infiniment petits; outre ces actions, on devra considérer les liaisons des éléments contigus; d'ailleurs, à ces liaisons, on aura très logiquement le droit d'en adjoindre d'autres, telles que la condition d'*incompressibilité*, imposant à chaque masse élémentaire un volume invariable.

Les procédés de Lagrange permettent d'étudier l'équilibre de semblables fluides. On peut, à l'exemple de Gauss[1], imprimer au système entier une modification virtuelle, ce qui évite de considérer la pression à l'intérieur du fluide; on peut aussi, comme Franz Neumann[2], introduire cette pression dans les calculs, en suivant de tout près la méthode employée en hydrostatique par Lagrange; les résultats obtenus par l'un ou l'autre de ces deux procédés s'accordent entièrement avec ceux que Laplace[1] avait trouvés; l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* faisait, d'ailleurs, usage du *Principe de l'équilibre des canaux*, imaginé par Clairaut[2] et ramené par Lagrange au principe des vitesses virtuelles.

A son tour, Poisson[3] aborde le problème de l'équilibre des liquides dans les espaces capillaires, suivant les règles de la Mécanique physique; les conséquences auxquelles il parvient ne sauraient s'accorder avec les propositions de Laplace et de Gauss, si l'on supposait le liquide incompressible; pour retrouver les lois des phénomènes capillaires, telles que les a énoncées l'auteur de la *Mécanique céleste*, il faut supposer que le liquide est compressible et que sa densité varie très rapidement au voisinage des surfaces terminales.

Ce désaccord, Poisson le tourne en objection contre la théorie de Laplace et de Gauss; en refusant la compressibilité au liquide, ils auraient « omis une circonstance physique dont la considération était essentielle et sans laquelle les phénomènes capillaires n'auraient pas lieu. »

Cette conclusion que Poisson tire de ses recherches est injuste; la seule conclusion légitime qu'il pût en tirer se serait formulée en ces termes : Le fluide incompressible, logiquement concevable dans la Mécanique analytique, est inconcevable en Mécanique physique. « En effet, remarque Quet[4], il n'y est tenu aucun compte des forces de liaison, que l'on est pourtant obligé d'admettre, si l'on veut que les liquides, supposés incompressibles, soient capables d'appuyer plus ou moins fortement leurs éléments les uns contre les autres et de transmettre les pressions à l'intérieur. La suppression de ces forces de liaison fait disparaître non seulement les phénomènes capillaires, mais aussi l'Hydrostatique tout entière et l'Hydrodynamique, et il n'est pas besoin de calculs pour le voir. Sans elles, les conditions d'équilibre sont nécessairement incomplètes, et il y aurait lieu de s'étonner qu'on ne fût pas conduit à de flagrantes contradictions par une méthode qui ne tient pas compte de toutes les causes. »

La Mécanique analytique et la Mécanique physique sont donc loin de conduire, en toutes circon-

[1] C. F. GAUSS : *Principia generalia theoriæ figuræ fluidorum in statu æquilibrii* (*Commentationes Societatis Gottingensis recentiores*, vol. VII; 1830-Gauss, Werke, Bd V).
[2] F. E. NEUMANN : *Vorlesungen über die Theorie der Kapillarität*, Ch. VIII; Leipzig, 1894.

[1] LAPLACE : *Supplément au Xe Livre de la Mécanique céleste; sur l'action capillaire. — Supplément à la théorie de l'action capillaire.*
[2] CLAIRAUT : *Théorie de la figure de la Terre*; Paris, 1743.
[3] POISSON : *Mémoire sur l'équilibre des fluides*, lu à l'Académie des Sciences, le 24 novembre 1828. — *Nouvelle théorie de l'action capillaire*; Paris, 1831.
[4] QUET : *Rapport sur les progrès de la Capillarité*; Paris, 1867.

stances, à des résultats équivalents. Puisqu'elles diffèrent, quelle est celle qu'il convient d'adopter? La Mécanique physique est-elle, comme elle le prétend, celle qui, par les voies les plus naturelles et les plus courtes, se modèle le plus exactement sur les faits?

Remarquons, tout d'abord, que, pour mener ses calculs jusqu'au bout, il lui faut renoncer, tôt ou tard, à traiter les corps comme des assemblages de points matériels libres et restituer à la matière la continuité qu'elle lui avait refusée. A cette condition seulement, elle peut transformer en intégrales aisées à manier les sommes, rebelles à l'analyse, que ses procédés lui fournissent en premier lieu. Cette transformation des sommes en intégrales ne s'obtient pas sans discussions toujours lourdes, ni approximations souvent scabreuses; en cette opération, la rigueur mathématique souffre presque autant que l'élégance; l'une et l'autre s'accorderaient à recommander les calculs de la Mécanique analytique. Mais d'autres difficultés hérissent la voie de la Mécanique physique.

Considérons un assemblage de points matériels libres; supposons qu'entre deux quelconques de ces points s'exerce une action réciproque proportionnelle au produit des masses de ces deux points et fonction de la distance qui les sépare. Imaginons d'abord que, quelque petite que soit cette distance, l'action soit attractive. Il est clair que le système, soustrait à toute force extérieure, ne pourrait être en équilibre; tous les points matériels inétendus tendraient à se réunir en un seul; il en serait de même, *a fortiori*, si une pression uniforme s'exerçait à la surface du corps; celui-ci devrait avoir un volume nul et une densité infinie.

Boscovich avait clairement aperçu cette difficulté. Pour y parer, il supposait que l'action réciproque de deux points devenait toujours répulsive lorsque la distance mutuelle de ces deux points tombait au-dessous d'une certaine limite. Par la même remarque, Navier et Lamé se sont trouvés conduits à modifier plus profondément les principes mêmes de la philosophie newtonienne; selon ces physiciens, lorsque le corps est à l'*état naturel*, c'est-à-dire soustrait à toute action extérieure et cependant en équilibre, deux points matériels quelconques n'exercent l'un sur l'autre aucune action; leur action réciproque ne naît que par l'effet de la déformation, qui écarte ou rapproche ces deux points; elle est proportionnelle au changement survenu dans la distance des deux points matériels et tend toujours à s'opposer à ce changement; sa grandeur dépend, d'ailleurs, de la distance primitive des deux particules. Cette opinion a rencontré peu de partisans; elle n'évite d'ailleurs pas certaines objections graves, auxquelles achoppe la théorie de Poisson, et dont il nous reste à dire quelques mots.

Observons d'abord ceci : Lorsqu'on nie l'existence des liaisons, lorsqu'on regarde les corps comme des assemblages de points matériels libres exerçant les uns sur les autres des forces attractives ou répulsives, il est impossible d'introduire d'une manière logique une ligne de démarcation entre les solides élastiques isotropes d'une part, et les liquides compressibles d'autre part; tout ce qui sera démontré des corps élastiques isotropes devra demeurer vrai, en particulier, pour les liquides compressibles.

Or, l'étude des solides isotropes conduit Poisson à des conséquences remarquablement simples; ainsi, lorsqu'on étire un prisme formé par un tel corps, le rapport de la contraction transversale à l'allongement longitudinal est fixe et égal à $\frac{1}{4}$; ou bien encore, en tout corps isotrope, le rapport du coefficient de compressibilité cubique au coefficient d'élasticité de traction est égal à $\frac{2}{3}$.

L'expérience vérifie-t-elle ces conclusions ? Cornu, Kirchhoff les ont trouvées exactes dans certains cas particuliers; mais, selon Wertheim, elles ne le sont pas pour les métaux. Par conséquent, « un corps solide, même isotrope[1], ne peut être considéré comme formé par un système de molécules qui s'attirent ou se repoussent mutuellement suivant une fonction de la distance,... sans être assujetties à de certaines liaisons telles qu'on en considère en Mécanique analytique. »

Les partisans de la théorie de Poisson, il est vrai, pourront toujours opposer une fin de non-recevoir aux contradictions de l'expérience, en déclarant que les corps dont les propriétés ne s'accordent pas avec leurs formules ne sont pas vraiment isotropes, qu'ils sont constitués par des enchevêtrements de cristaux; et ils n'ont pas manqué d'user de cette échappatoire; mais on peut leur opposer un argument qui semble sans réplique.

Tout ce que la théorie de Poisson énonce des corps élastiques isotropes doit, en bonne logique, s'entendre également des liquides. Si donc, pour les corps vraiment isotropes, le coefficient de compressibilité cubique s'obtient en multipliant par $\frac{3}{2}$ le coefficient d'élasticité de traction, cette proposition doit demeurer vraie pour les liquides. Or cela ne peut être, car pour les liquides, le coefficient de compressibilité cubique diffère de zéro,

[1] É. Mathieu : *Théorie de l'élasticité des corps solides*, t. I, p. 6 et 39; Paris, 1890.

tandis que le coefficient d'élasticité de traction est nul.

Il est donc impossible de garder les principes sur lesquels Poisson voulait faire reposer la Mécanique physique, à moins d'avoir recours à des subtilités et à des faux-fuyants. Poisson, d'ailleurs, s'était déjà vu réduit à ces moyens de défense désespérés; il suffit, pour s'en convaincre, de lire les *Notions préliminaires* par lesquelles s'ouvre le *Mémoire sur l'équilibre des fluides*. Non seulement Poisson n'y regarde plus les éléments des corps comme des points sans étendue, non seulement il les traite comme des particules figurées, mais encore il invoque, sous le nom d'*action secondaire*, une force qui dépend de la forme des molécules, qui gêne ou facilite leur mobilité, et à laquelle il attribue tous les effets que la Mécanique analytique attribuerait aux forces de liaison.

Lorsqu'une théorie, pour se défendre, multiplie ainsi les ruses et les chicanes, il est inutile de la poursuivre, car elle devient insaisissable; mais il serait oiseux de la saisir, car, pour tout esprit juste, c'est une doctrine vaincue. Telle est la Mécanique physique.

De la difficulté à laquelle celle-ci est venue se briser, la Mécanique analytique, sa rivale, triomphe sans peine; ses méthodes, mises en œuvre par Cauchy, par Green, par Lamé, montrent que les propriétés élastiques d'un corps isotrope dépendent de deux coefficients distincts, librement variables d'un corps à l'autre; ces coefficients, Lamé les a désignés par les deux lettres λ et μ. Dans un prisme étiré, le rapport de la contraction transversale à la dilatation longitudinale a pour valeur $\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$; le rapport du coefficient de compressibilité cubique au coefficient d'élasticité de traction a pour valeur $\frac{\lambda+\mu}{3\mu}$; ces deux rapports peuvent donc prendre, pour les diverses substances, les valeurs les plus diverses; on retrouverait les valeurs admises par Poisson si l'on supposait que les deux coefficients λ et μ sont égaux entre eux; mais cette hypothèse ne peut être faite d'une manière générale, car, pour les liquides, μ est nul, tandis que λ a une valeur positive quelconque

P. Duhem,

Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

LES PRODUCTIONS NATURELLES, L'AGRICULTURE, L'INDUSTRIE ET LE COMMERCE AU MAROC

DEUXIÈME PARTIE : COMMERCE

Nous avons examiné, dans un précédent article[1], l'état actuel de l'agriculture et de l'industrie marocaines; il reste à étudier les transactions commerciales.

I. — Commerce intérieur.

Au point de vue commercial comme au point de vue agricole, la question qui prime toutes les autres au Maroc est celle du degré de sécurité et de l'état social. Et c'est peut-être surtout sous le rapport commercial que le Maroc offre certaines analogies frappantes avec le Moyen-Age européen.

1. *Commerce indigène.* — Il existe dans toutes les villes du Maroc des boutiques où l'on vend à l'amiable. Les artisans vendent généralement leurs propres produits; chaque corps de métier est dirigé par un *amîn*, qui fixe le prix en cas de contestation; les amîns des corporations qui fabriquent des objets d'or et d'argent y appliquent un large poinçon[1]. Chaque genre de commerce, comme jadis en Algérie et en Tunisie, occupe dans les grandes villes une rue ou un quartier spécial; il y a ainsi, dans le vieux Fez, le quartier des charpentiers, celui des tisseurs, celui des cordonniers, etc.[2]. Beaucoup d'affaires se font dans les fondouks. Dans les grandes villes existent des sortes de marchés couverts, où les boutiques sont groupées autour d'une cour centrale; la kaïssariah de Merrakech en est l'exemple le plus remarquable[3]. Il y a également, dans les grands centres[4], des marchés d'esclaves, de bœufs, de moutons, d'ânes, de mulets, de chevaux, de chameaux, de vieux effets, d'effets neufs, de babouches, de haïk,

[1] Voyez la *Revue* du 30 janvier 1903, t. XIV, p. 73.

[1] Erckmann, p. 162.
[2] Budgett Meakin : *The Land of the Moors*, p. 257.
[3] Id., p. 302. — Cf. Lambert : Notice sur la ville de Maroc (*Bull. Soc. Géogr. de Paris*, 1868, p. 430).
[4] Erckmann.

d'*attarin* (épicerie-quincaillerie), de sellerie, de cuir, de dattes, de noix, de cordes, de bois, de charbon, etc. Les objets se vendent généralement par l'intermédiaire d'un *dellal* (crieur). Deux agents du maghzen, assistés d'un taleb, sont chargés de percevoir les droits, une mouzouna par mitqual (2 ¹/₂ %) pour le vendeur, et autant pour l'acheteur. En outre, on perçoit aux portes de la ville 5 onces par mulet chargé, 8 onces par chameau. Un *mehtasseb*, sorte de prévôt des marchands, dirige la police; il est également chargé de la vente du blé, de l'orge, ou des denrées avariées appartenant au Gouvernement. La vente des moindres objets entraîne des marchandages sans fin; à plus forte raison s'il s'agit d'un cheval, par exemple : les enchères durent alors plusieurs heures avec des reprises. Le *dellal* monte les animaux et les fait valoir. Les prix varient du simple au triple d'après la valeur des grains.

Presque tout le commerce au Maroc se fait sur les marchés. De temps en temps[1], les habitants les plus aisés des tribus se rendent, individuellement ou en caravanes, dans les villes, pour y échanger leurs produits contre des marchandises d'Europe. Leur opération faite, ils reviennent chez eux travailler à de nouvelles récoltes et se défaire en détail de leur pacotille étrangère.

La plupart des provinces ont sept marchés (*souk*) par semaine, quelquefois davantage, dont les places, situées en rase campagne, à des distances à peu près égales, et de façon à être alternativement à portée de chaque tribu, prennent le nom du jour qui leur est dévolu. Sur ces marchés, tout le monde est armé, sabre au côté et fusil sur l'épaule; l'affluence est toujours considérable, et c'est ordinairement là que se vident les querelles et que les rebellions éclatent. On vend des fruits et des légumes, des grains, du bétail, des cotonnades, des *belras*, de l'huile, du sucre, du thé, des allumettes, des aiguilles ; on abat sur place des bœufs, des moutons et des chèvres, qu'on dépèce et débite à mesure en détail[2]. Les affaires se traitent depuis le lever du soleil jusqu'au milieu du jour; souvent aussi on vient plutôt par désir de distraction, afin de se voir et de causer, que pour acheter[3]. Vers midi et demi, la dispersion commence; chacun reprend le chemin de son douar ou de son village.

Dans le sud du Maroc, particulièrement dans le Sous et l'Oued-Noun, il existe de grandes foires semestrielles ou annuelles, appelées *mouggar* (équivalent berbère de l'arabe *souk*, marché), qui durent plusieurs jours de suite, et où les populations les plus diverses se rendent en foule sous l'égide des marabouts, pour qui ces foires sont une source non seulement d'honneurs, mais de profit. Les mesures les plus sévères sont prises par eux pour que l'ordre ne cesse de régner; bien plus, ils garantissent à ceux qui s'y rendent la sûreté sur le chemin. Un individu, une caravane allant à la foire ont-ils été pillés, maltraités en route, on saisit, parmi les hommes présents au marché, ceux de la tribu coupable de l'agression, on les rend responsables du dommage, et on le leur fait payer sur l'heure[1].

Trois grandes foires annuelles, d'après de Foucauld[2], se tiennent dans le Sahara marocain : celle de Mrimima, celle de Souk-el-Mouloud, chez les Aït-Ioussa, enfin celle de Sidi Hamed ou Mousa, dans le Tazeroualt, sur le chemin des caravanes de Tombouctou, la plus importante des trois. Ces foires, comme le fait remarquer Beaumier[3], sont déjà un procédé du commerce saharien et soudanien. Elles sont la première étape pour l'échange des produits du Soudan, rapportés par les caravanes, et qui, de là, se répandent à travers le Maroc. Dans ces foires, on trouve réunis les productions du pays, les objets fabriqués dans les villes du Maroc et en Europe, et les marchandises du Soudan. Là se fait l'échange des esclaves, de l'or, des plumes d'autruche, de l'ivoire, contre les produits européens. Disons tout de suite, pour n'y plus revenir, que le commerce du Maroc avec le Soudan, sans être aussi nul que celui de l'Algérie et de la Tunisie, est peu considérable et en décadence, parce qu'il est ruiné par l'ouverture des voies de la côte occidentale d'Afrique, et que peu de marchandises autres que les esclaves peuvent supporter les frais et les risques de la traversée du Sahara. La principale voie qu'il suit est celle de Tombouctou à Tendouf, d'où il se dirige, soit vers le Tafilelt, soit vers Mogador; c'est à Mogador qu'aboutit la « grande caravane » annuelle (*kafla-el-kebir*) qui fait de beaucoup la majeure partie des échanges entre le Maroc et le Soudan[4].

2. *Communications intérieures.* — Il n'existe au Maroc ni routes ni ponts; l'existence de trois ou quatre ponts dans le Maroc tout entier et d'un chemin tracé, mais non entretenu, de Fez à Meknès, sont des exceptions qui confirment la règle. Pendant l'hiver, les gués sont très souvent impraticables; il faut alors camper et attendre patiemment que le courant des eaux soit apaisé. Les indigènes

[1] Beaumier : *Bull. Soc. Géogr. de Paris*, 1867, p. 37.
[2] De Foucauld, p. 36.
[3] Id., p. 145.

[1] De Foucauld, p. 169. — Lenz, t. I, p. 350.
[2] De Foucauld, p. 168 et 169.
[3] *Bull. Soc. Géogr. de Paris*, 1877, p. 38.
[4] Schirmer : *Le Sahara*, in-8°, Paris, 1893, p. 358. — Cf. *Bull. consulaire français*, 1887, t. II, p. 23.

ont parfois recours, pour passer les rivières, à une sorte de radeau primitif, consistant en un certain nombre de peaux gonflées d'air et réunies par des perches (fig. 1)[1]. C'est là-dessus que sont placées les charges des bêtes de somme, bien en amont de l'endroit où l'on veut atterrir de l'autre côté, et les navigateurs dirigent le radeau à travers le courant avec leurs mains pour toutes rames. Quant aux animaux, on les fait entrer dans l'eau: derrière chaque bête est un indigène à cheval sur une outre gonflée, et qui, tenant l'animal par la queue, le conduit jusqu'à la rive opposée. Souvent il faut une journée entière pour passer une caravane de trente à quarante bêtes.

En dehors des grosses rivières, qui sont le plus sérieux obstacle naturel aux communications, on rencontre fréquemment des torrents et des fondrières; le parcours, sur les sentiers indigènes, est rarement direct, la marche toujours pénible et incertaine. Le service des correspondances est fait par des piétons (*rekkas*), qui vont avec une vitesse de 40 à 50 kilomètres par jour et dont le salaire est en moyenne de 4 francs par 100 kilomètres[2]. Les voyageurs cheminent à cheval ou à mulet; les marchandises sont transportées à dos de mulet dans le nord, de chameau dans le sud. Dans le *blad-el-maghzen*, on trouve sur les itinéraires principaux des *nzala* (lieu où l'on descend, *mansio*[3]); parfois la *nzala* est une maison, le plus souvent elle n'est qu'un *nouaïl*, une hutte en roseau ou en branchages, ou même une simple tente, occupée par des hommes armés établis par les gouverneurs des provinces pour veiller à la sûreté des routes pendant le jour et garder la nuit les voyageurs et les caravanes. La sécurité dans les *nzalas* est très relative, surtout aux limites des provinces, et l'on n'y trouve, en général, aucune ressource de nourriture pour les hommes et les animaux. Les habitants de la *nzala* perçoivent une ou deux *mouzounas* (4 à 8 centimes) pour chaque bête de somme chargée qui passe sous leurs yeux. L'établissement de ces *nzalas* est à peu près tout ce que le Gouvernement chérifien a jugé bon de faire pour la commodité ou la sécurité des communications. Les indigènes les évitent d'ailleurs, préférant faire de longs détours plutôt que d'acquitter les droits minimes qu'on y perçoit.

Les transports sont extrêmement coûteux[4] et incertains. On ne peut jamais savoir exactement quand les marchandises expédiées arriveront à destination. Tout dépend de la volonté du muletier et du temps, car, en hiver, à l'époque des pluies, les chemins deviennent impraticables : les marchandises mettent alors quelquefois deux mois pour aller de Tanger à Fez, alors qu'en été le voyage s'effectue en quinze jours.

Mais, c'est l'insécurité, plus encore que l'absence de voies de communications, qui est le grand obstacle aux relations commerciales. On y remédie dans une faible mesure par deux coutumes qui ressemblent à celles qu'un état social analogue inspira chez les chrétiens à l'époque féodale : la *zetata* et la *debiha*. Dans toutes les tribus indépendantes du Maroc[1], ainsi que dans celles qui sont imparfaitement soumises, la manière de voyager est la même. On demande à un membre de la tribu de vous accorder son *anaïa* (sa protection), et de vous faire parvenir en sûreté à tel endroit que l'on désigne; il s'y engage moyennant un prix qu'on débat avec lui, la *zetata*; la somme fixée, il vous conduit ou vous fait conduire par un ou plusieurs hommes jusqu'au lieu convenu; là, on ne vous laisse qu'en mains sûres, chez des amis auxquels on vous recommande. Ceux-ci vous mèneront ou vous feront mener plus loin dans les mêmes conditions : nouvelle *anaïa*, nouvelle *zetata*, et ainsi de suite. On passe de la sorte de main en main jusqu'à l'arrivée au terme du voyage. Si l'étranger ne fait que passer, l'*anaïa* suffit à sa sûreté; s'il veut séjourner, elle cesse d'être valable. Il doit alors s'assurer à titre perpétuel la protection d'un personnage de la tribu : cela s'appelle sacrifier sur lui, *debeh alih*[2]. Par la *debiha* s'établissent des rapports de vassal à suzerain, de client à patron. Dans toute tribu ou localité où l'on veut séjourner un certain temps, dans celles où l'on désire soit acheter des biens, soit établir des dépôts de marchandises, il faut faire une *debiha* : les négociants possesseurs d'un commerce étendu en font un très grand nombre. Naturellement, l'*anaïa* et la *debiha* valent ce que vaut le protecteur : il peut être impuissant à faire respecter son protégé, il peut aussi, en des lieux où il n'y a ni lois ni justice d'aucune sorte, le piller et le trahir. Cependant, sans ces usages, tout commerce, toutes relations seraient impossibles.

Les voies actuellement suivies par le commerce intérieur du Maroc ne peuvent pas plus nous ren-

[1] James Craig : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1870, p. 193.
[2] Beaumier : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1867, p. 39.
[3] Id. : *Bull. Soc. Géogr. Paris*, 1868, p. 326. — Erckmann, p. 17. — R. de Segonzac : *Une excursion au Sous*, p. 81.
[4] Voici quelques exemples : le transport de Mazagan à Merrakech (190 kil.) coûte 60 pesetas la tonne (*Rec. consul. belge*) ; de Tanger à Fez, 50 pesetas la charge de chameau de 280 kg., et 37 p. 50 la même charge de Larache à Fez (*Monit. offic. du Comm.*, 20 avril 1899, p. 630); de Fez au Tafilelt, 10 à 11 jours, 170 milles, 7 sh. 6 d. par cwt. (*Diplom. and cons. Reports*, n° 2603, p. 14).

[1] De Foucauld, p. 7.
[2] De Foucauld, p. 130. Cette expression a pour origine l'ancien usage, qui n'est suivi aujourd'hui qu'en circonstances graves, d'immoler un mouton sur le seuil de l'homme à qui l'on demande son patronage.

seigner sur ses voies naturelles et futures que l'état actuel de l'industrie minière ou de l'agriculture ne peut nous faire connaître les richesses réelles de la contrée. Les questions de sécurité primant tout, le commerce se trouve souvent engagé sur des voies tout à fait anormales et détourné de ses routes naturelles. C'est ainsi, pour rappeler des exemples bien connus, que la grande voie d'Ouest en Est qui unit Fez à Tlemcen par Taza suivant la grande vallée longitudinale de l'Oued-Innaouen, et qui eut tant d'importance au Moyen-Age, est désertée par suite de la présence sur le trajet de la tribu des Ghiata, qui pille les caravanes sans relâche ni merci. C'est ainsi également que, pour se rendre de Fez à Merrakech, le commerce, les voyageurs et le sultan lui-même sont obligés, afin d'éviter le territoire des Zaïan et des Zemmour insoumis, de faire un immense détour par la côte atlantique et Rabat.



Fig. 1. — *Passage de l'Oum er Rebia sur un radeau d'outres au gué de Bou l'Aouân.* (Cliché de M. Doutté.)

Sous ces réserves, et abstraction faite de la voie de Fez-Tlemcen, dont il sera question plus loin, on peut distinguer, à l'intérieur du Maroc, deux sortes d'itinéraires : ceux qui relient les ports aux deux capitales et ceux qui, traversant le Haut-Atlas, mettent en relation les deux versants de la grande chaîne. La première catégorie ne présente rien de particulier; elle sert surtout à approvisionner Fez et Merrakech des objets d'importation européenne. Quant aux communications entre les deux versants du Haut-Atlas, elles sont déterminées par ce fait qu'aucun col, si l'on en croit de Foucauld [1], n'est utilisé ni peut-être utilisable pour les communications dans la partie centrale de la chaîne, entre Ouaouizert et Ksabi-ech-Cheurfa. A l'ouest, les cols les plus rapprochés de l'Atlantique (cols d'Ameskhout, des Ibaoun (des fèves), du Goundafi), mènent dans la vallée du Sous [1]; ceux qui leur succèdent débouchent dans la vallée du Draa (Tizi-n-Telouet, Tizi-ou-Rjimt, etc.). A l'est, le Tizi-n-Telghemt conduit dans la vallée du Ziz et au Tafilelt, le Tizi-n-Zerdount dans la vallée du Guir. Sur le versant nord et sur le versant sud de la chaîne se trouvent un certain nombre de localités qui sont des centres d'échange et des points de départ de caravanes. Les tribus de la montagne et du Sahara viennent s'y approvisionner de produits européens et d'objets fabriqués dans les villes marocaines, tels que cotonnades, sucre, thé, parfumerie, bijouterie, *belras*; elles y cherchent aussi des grains et de l'huile [2]. En échange, elles apportent des peaux, des laines et des dattes. C'est ainsi que Mogador et Merrakech alimentent tout le bassin du Sous, presque tout l'immense bassin du Draa et jusqu'aux districts arrosés par les affluents de droite du Ziz [3]. Fez, par Ksabi-ech-Cheurfa et le Tizi-n-Telghemt, ravitaille le Tafilelt, le cours du Ziz, et la région du Sahara qui s'étend à l'est de ce fleuve. Sur le versant sud, le marché de Tazenakht est un des plus célèbres; sa situation centrale entre le Sous, le Draa et le Tafilelt lui a donné une grande importance.

Ce serait une erreur de croire que les musulmans marocains n'aient aucune aptitude pour le commerce; c'est le contraire qui est vrai. Quant aux Juifs, « en ce pays troublé, les routes sont peu sûres, le commerce présente bien des risques; ils préfèrent en abandonner aux musulmans les chances, les travaux et les gains, et se contentent pour eux des bénéfices sûrs et faciles que donne l'usure [4]. » Ils

[1] De Foucauld, p. 70. — Cf. R. de Flotte-Roquevaire: Carte hypsométrique du Maroc, dans les *Ann. de Géogr.*, 1901, p. 335 et suiv., et la carte. Les dénominations et la succession des cols sont encore assez mal fixées.

[1] De Foucauld, p. 99. — De Segonzac, p. 79, 171 et 192. — Schnell : *L'Atlas marocain*, trad. fr., *passim*.

[2] De Foucauld, p. 78.

[3] Id., p. 188.

[4] Id., p. 397.

commanditent sous diverses formes soit les colporteurs qui promènent leur pacotille dans les tribus, soit les caravanes qui font le commerce à longues distances. Ils servent, en outre, d'intermédiaires entre les Européens et les indigènes.

3. *Rôle des Européens.* — Les Européens peuvent participer aux entreprises commerciales à l'intérieur du Maroc un peu moins difficilement qu'aux entreprises agricoles ou industrielles. Néanmoins, leur rôle reste faible et tout à fait indirect. De même que, pour l'agriculture, ils se servent d'associés indigènes, pour le commerce ils emploient des agents musulmans ou israélites, auxquels on accorde la protection consulaire et qu'on nomme des *censaux*. Aux termes des traités, chaque maison de commerce a droit à deux censaux; si elle a des comptoirs dans les différents ports, elle a droit à deux censaux par comptoir. Ce sont les Juifs qui jouent ce rôle de courtiers entre les Européens des ports et les tribus de l'intérieur. Jusqu'à ces derniers temps, on n'avait eu qu'à se louer de leur probité commerciale. Malheureusement, les jeunes générations, imitant en cela les Juifs algériens, paraissent abuser un peu de la faillite frauduleuse et de la liquidation judiciaire. Néanmoins, il est difficile aux Européens de se passer d'eux, car eux seuls sont à même de faire pénétrer les marchandises européennes dans les milieux de consommation[1]. Les Juifs protégés constituent l'aristocratie d'argent du Maroc; ils ont les plus belles maisons des villes de la côte et font parfois un chiffre d'affaires très considérable.

Les censaux, n'étant plus soumis aux autorités marocaines, profitent trop souvent de la situation pour commettre des actions répréhensibles, et causent à leur patrie d'adoption une foule de désagréments[2]. Du côté des Européens, la protection donne lieu aussi à de nombreux abus : les censaux sont souvent les clients et non les courtiers des maisons qui leur font délivrer des patentes; parfois même on trafique de ce privilège et on le vend à des gens qui n'y ont aucun titre[3]. Cependant la protection commerciale répond trop bien à l'état social actuel du Maroc pour qu'il n'y ait pas lieu de la maintenir; jointe à la protection politique comme celle que nous accordons, par exemple, au chérif d'Ouezzan, elle correspond à ce qu'était l'immunité dans le Moyen-Age chrétien et peut avoir les mêmes conséquences[4].

Bien qu'il y ait depuis quelques années un petit nombre de négociants européens établis dans les villes de l'intérieur, et que leur nombre soit probablement destiné à s'accroître bientôt, ce sont là jusqu'ici de très rares exceptions, qui se comptent par unités, et l'on peut dire d'une manière générale que le commerce intérieur est fait exclusivement par les indigènes et que le commerce extérieur est tout entier aux mains des Européens. C'est de ce dernier qu'il nous reste à parler.

II. — Commerce extérieur.

1. *Les Européens fixés au Maroc.* — Il ne sera pas inutile de donner auparavant quelques indications générales sur les Européens au Maroc et sur le rôle qu'ils y jouent, en laissant de côté tout ce qui concerne les agents diplomatiques, les missions militaires et tous les personnages plus ou moins revêtus d'un caractère officiel.

Ce n'est pas aux lecteurs de la *Revue générale des Sciences* qu'il y a lieu d'apprendre l'importance du tourisme dans la société moderne. Le tourisme peut même prendre, à l'occasion, une signification politique, comme l'a montré le rôle des bateaux de l'agence Cook dans la reprise du Soudan égyptien par les Anglais[1]. Les touristes sont nombreux à Tanger, qui est tout à fait devenue une station hivernale; si la vie y est chère, on y trouve en revanche de très belles excursions et un cachet de vie indigène qui séduit beaucoup de personnes. Quelques-unes, en moins grand nombre, visitent les villes de la côte, Fez et Merrakech; et c'est bien du tourisme qu'a fait M. Budgett-Meakin en se rendant à bicyclette à Merrakech[2]. Les voyages dans l'intérieur sont fort coûteux[3], et le Recueil consulaire anglais se plaint vivement des prix élevés (35 à 40 l. s.) qu'il faut payer pour se rendre de Tanger à Fez. En *blad-el-makhzen*, on voyage d'ordinaire accompagné d'un *mokhazni*, que l'on paie 5 francs par jour, et l'on se munit de lettres de recommandation pour les gouverneurs des endroits qu'on doit visiter. On emporte, bien entendu, ses provisions et sa tente. Si l'on ne sait pas l'arabe, tout dépend du compagnon indigène auquel on se confie. MM. Th. Fischer et B. Meakin ont donné récemment de nombreux détails sur la manière de voyager au Maroc pour les Européens (fig. 2). La vie libre et originale qu'on mène dans ces voyages laisse généralement à ceux qui en ont

[1] Jannasch, p. 23.
[2] Erckmann.
[3] *Bull. de l'Afrique française*, 1900, p. 138.
[4] Jannasch, p. 22 (note), propose d'y joindre un autre moyen également emprunté à notre Moyen-Age : la constitution de corporations de marchands indigènes fortement organisées et capables de se défendre. Ce serait, à quelques égards, l'équivalent de la Hanse.

[1] V. Jean Brunhes : *De quelques formes spéciales de la pénétration anglaise en Egypte.*
[2] B. Meakin : To Marrakesch on a bycicle (*The Land of the Moors*, p. 433).
[3] *Dipl. and consul. Reports*, n° 2603, mai 1901, p. 13.

goûté un souvenir charmant, malgré l'absence complète de confortable. Quant aux voyages en dehors des routes reliant les villes de la côte aux deux capitales, ce n'est plus là du tourisme, mais de l'exploration, et l'on ne peut encourager personne à se lancer dans des aventures de ce genre. Mais il faut regretter que les Anglais soient les seuls touristes de Tanger et du Maroc, et que les Français ne trouvent pas, par quelque croisière en mer par exemple, l'occasion de visiter ce pays, qui doit les intéresser à tant de titres[1].

A l'autre extrémité de l'échelle sociale sont les renégats et les aventuriers, qui sont généralement des touristes malgré eux, évadés des *presidios* espagnols ou déserteurs de l'armée d'Afrique. La situation des renégats était autrefois tout à fait agréable dans les pays barbaresques; ils commandaient les navires des corsaires, atteignaient les plus hautes positions, devenaient même, quelquefois, pachas ou deys. L'histoire du vieil Alger turc est pleine de leurs aventures romanesques et merveilleuses. Aujourd'hui, ce temps n'est plus : l'Islam, devenu morose en vieillissant, accueille très mal ces transfuges, dont il se défie, et qui sont d'ailleurs, en général, d'un niveau intellectuel et moral des plus bas. A peine peut-on en citer un ou deux qui aient joué un certain rôle de notre temps : tel le comte Joseph de Saulty, ancien officier de l'armée française, dont le fils, Mohammed ben Abderrahman el Marrakchi, servit de guide à M. de la Martinière, qui a raconté son histoire[2].



Fig. 2. — *Un campement dans les plaines des Doukkâla.* (Cliché de M. Veyre.)

On évalue à 7.000 le nombre des Européens établis au Maroc. Sur ce chiffre, 6.000 environ habitent Tanger, dont 5.000 Espagnols[1]. Tanger, la « ville des chiens », a pris un caractère à demi-européen, surtout dans ces dernières années. La population chrétienne est trop nombreuse et trop mélangée pour avoir maintenu sa position aussi bien que les petits groupes de négociants des autres villes de la côte. Elle a une aristocratie, celle qui bâtit autour de Tanger des villas entourées de jardins splendides, et un prolétariat, principalement composé d'Espagnols. Ces derniers, échappant à toute autorité, se montrent incapables d'organisation et de direction, ne se livrant qu'à d'infimes métiers ou aux entremises et à la fainéantise des lazzarones. Dans la banlieue de Tanger, quelques-uns sont maraîchers, mais ils sont surtout chevriers, bergers, fabricants de charbon de bois, braconniers; ils ne diffèrent en rien des Marocains, sinon en ce qu'ils portent un chapeau et souvent gardent des cochons, animaux que le Coran interdit : c'est un paupérisme à peine plus intelligent, mais plus insolent que celui des indigènes[2].

En dehors de Tanger, les Européens sont presque tous négociants, banquiers, commissionnaires, courtiers, véritables Maîtres-Jacques cumulant parfois en leurs personnes toutes les fonctions et les négoces que comporte le développement embryonnaire de la vie européenne. Les grandes maisons des villes de la côte, à Mogador notamment, ressemblent assez aux factoreries de l'Afrique tropicale ; les magasins sont groupés autour d'une cour à laquelle on accède par une seule grande porte[3]. Dans ces cours règne dans la matinée un mouve-

[1] La *Revue*, est-il besoin de le dire, s'associe complètement à ce regret de M. Augustin Bernard ; au cours d'une de ses croisières, elle a déjà touché deux points du Maroc, Tanger et Mazagan; mais cette visite n'était qu'occasionnelle et comme le prélude d'un voyage d'étude dont le Maroc, dans son ensemble, sera l'objet. La *Revue* prépare depuis quelque temps déjà, cette croisière. (NOTE DE LA RÉDACTION.)

[2] H.-M.-P. DE LA MARTINIÈRE : *Journeys in the kingdom of Fez and the court of Mulai Hassan.* In-8°, Londres, 1889.

[1] B. MEAKIN, p. 99.

[2] *Bull. de l'Afrique française*, 1900, p. 175.

[3] TH. FISCHER, p. 55.

ment intense; des odeurs d'huile, de peaux fraîches ou à demi séchées s'en échappent; on charge et on décharge des bêtes de somme[1]. Les Européens sont ainsi quelques dizaines dans chacun des ports ouverts, 2 à 300 à Larache, 50 à Saffi, 40 à Casablanca[2]. Dans l'intérieur, comme on l'a vu, ils sont représentés par des agents indigènes, ordinairement israélites. Il y a un seul négociant européen à Merrakech : c'est un Allemand, M. Marx.

Dans les villes de la côte, les relations entre Européens et indigènes sont généralement bonnes. Le nouvel arrivant est en butte à quelques misères; il ne trouve personne qui veuille lui louer une maison, et encore moins lui en bâtir une. Mais, une fois ces premières difficultés surmontées, tout s'arrange. Même, à l'imitation de ce qui s'est fait à Tanger, les Européens, les Anglais surtout, commencent à habiter hors des murailles, dans des maisons de campagne. La vie et la propriété des Européens sont aussi en sûreté dans les ports ouverts que dans tout autre pays à demi civilisé. C'est que, jouissant de l'exterritorialité, ils sont couverts par la juridiction consulaire et par tous les privilèges spéciaux dont les négociants européens bénéficiaient au Moyen Age dans les pays d'Orient[3]. Il en est tout autrement, bien entendu, dans l'intérieur, à plus forte raison dans le *blad-es-siba*, où de nombreux exemples ont montré qu'on risque sa tête en s'aventurant, à moins de conditions tout à fait spéciales, et où l'on ne peut songer à s'établir.

Les Français sont très peu nombreux dans les villes de la côte. Erckmann constatait[4] en 1885 qu'il n'y avait dans ces villes que 9 négociants français, et que Mogador, autrefois presque une colonie française, était envahie par les Anglais et les Allemands. Le mouvement a continué depuis.

En somme, quelques milliers d'étrangers libres dans les ports ouverts, quelques centaines de renégats espagnols et français à Fez, Meknès, Merrakech et autres villes de l'intérieur représentent l'élément européen au Maroc.

2. *Commerce des principales Puissances avec le Maroc.* — Le commerce extérieur du Maroc, ses relations avec le monde civilisé s'effectuent soit par les ports ouverts, soit par la frontière algérienne. On examinera successivement et séparément ces deux questions; le commerce de la frontière algérienne soulève des problèmes si intéressants pour le lecteur français qu'il y a lieu d'en faire l'objet d'un paragraphe distinct.

[1] Jannasch, p. 26.
[2] B. Meakin, p. 156.
[3] B. Meakin : *The Moorish Empire*, in-8°, Londres, 1900.
[4] Erckmann, p. 14.

En ce qui concerne le commerce des ports ouverts, on peut envisager d'abord le commerce total et les objets sur lesquels il porte, puis la manière dont il se répartit entre les différents ports, enfin la façon dont se le partagent les diverses nationalités.

En matière commerciale comme pour tout le reste, il faut faire, avant tout, les réserves les plus expresses sur le degré d'exactitude de nos connaissances. Il y a bien dans chaque port un *raïs-el-mersa* (capitaine de port) et des administrateurs des douanes. Mais la statistique douanière est le moindre de leurs soucis, et les seuls documents dont on dispose sont les manifestes des navires à vapeur. Les capitaines de navire disent ce qu'il leur plaît, les consuls groupent ces renseignements comme ils l'entendent, et les statistiques qui résultent de tout cela ne peuvent être acceptées que sous bénéfice d'inventaire. Les tableaux I à V indiquent (en francs et en chiffres ronds) les totaux

Tableau I. — *Commerce du Maroc.*

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	TOTAL
1894	32.258.000	26.333.000	68.591.000
1895	42.660.000	39.758.000	82.418.000
1896	35.084.000	22.167.000	57.251.000
1897	30.832.000	22.850.000	53.682.000
1898	30.261.000	28.031.000	58.292.000
1899	35.391.000	30.222.000	65.613.000
1900	40.974.000	44.841.000	85.815.000

Tableau II. — *Principaux objets d'importation et d'exportation*[1].

OBJETS	MOYENNE en francs	OBJETS	MOYENNE en francs
Importations.			
Sucre	9.756.000	Draps	522.000
Papiers	122.000	Coton en bourre	106.000
Bougies	1.125.000	Farines et semoules	418.000
Thés	2.147.000	Soieries	203.000
Cotonnades	13.360.000		
Exportations.			
Laines	4.054.000	Maïs	1.057.000
Dattes	169.000	Cuirs	962.000
Alpiste	371.000	Cires	1.064.000
Pois chiches	1.742.000	Peaux de moutons	416.000
Fèves	2.847.000	Coriandre	58.000
Peaux de chèvres	2.935.000	Babouches	743.000
Œufs	2.185.000	Gommes	536.000
Bœufs vivants	1.656.000	Volailles	122.000
Huiles	292.000	Fenu grec	167.000
Amandes	1.247.000		

[1] Moyenne des cinq années, 1894-1898, dressée par M. Hippolyte de Laroche, d'après les documents français et anglais, et obligeamment communiquée par M. Paul Révoil.

du commerce du Maroc et des principaux objets auxquels il s'applique.

Ces tableaux se passent de longs commentaires. En les considérant, on est frappé d'un certain nombre de faits : d'abord l'insignifiance du commerce actuel du Maroc, si l'on a égard à son étendue et à ses ressources latentes. « Le Maroc, dit le *Recueil consulaire belge*[1], peut bien présenter un certain intérêt pour le commerce, mais les conditions économiques dans lesquelles il se trouve actuellement ne lui permettent pas de devenir un marché d'une réelle importance. » Les droits d'entrée sont en général de 10 °/₀ de la valeur des marchandises, lesquelles sont estimées d'après les prix de vente en gros et au comptant sur le marché du port de débarquement. Mais les droits d'exportation sont d'ordinaire fort élevés. Les droits de sortie sur les céréales, notamment, étaient tels qu'ils équivalaient à une véritable prohibition. Le sultan, qui se réservait autrefois le monopole de l'exportation des céréales et du bétail, et n'en usait jamais, avait admis le principe de leur exportation; mais, selon le procédé familier au maghzen, il avait jusqu'ici rendu inutilisables dans la pratique les concessions faites en théorie. Les bœufs ne pouvaient être exportés que par Tanger et jusqu'à concurrence d'une certaine quantité; interdite l'exportation des chevaux; interdite celle du liège.

Il n'est pas douteux que l'esprit novateur qui semble animer le sultan actuel du Maroc est de nature à amener à cet égard certaines modifications, et il y a lieu de tenir compte désormais de ce facteur nouveau. Mais la situation du Maroc est trop agitée à l'heure actuelle pour qu'il soit permis de rien présager en ce qui concerne les conséquences de cette crise au point de vue commercial. Quoi qu'il en soit, les nombreuses prohibitions que nous avons indiquées, venant se joindre aux inconvénients de la situation politique et économique et de l'absence de voies de communication, expliquent le caractère bizarre et anormal de la nomenclature des produits marocains, où, à côté des produits accessoires de l'élevage qui sont au premier rang (laines, peaux, cuirs), figurent en bonne place l'alpiste, le pois chiche, le coriandre et le fenu grec.

Un autre caractère du commerce marocain est le peu de progrès qu'il fait et surtout la fréquence des mauvaises années, des « vaches maigres ». Vers 1892-1893, le commerce total dépassait 80 millions; il a rétrogradé peu à peu et a fini par tomber à 53 millions en 1897. Les mauvaises récoltes de 1896 et 1897, la misère croissante des indigènes, l'état troublé du Maroc depuis la mort de Mouley-el-Hassan, les fluctuations du change, la situation de l'Espagne dans ces dernières années, telles sont les causes de cette dépression commerciale, à laquelle a succédé en 1899 une reprise qui s'est accentuée en 1900 et 1901[1].



Fig. 3. — *Barquasse d'embarquement et de débarquement à Rabat.* (Cliché de M. Leriche.)

Les huit ports ouverts du Maroc sont : Tanger, Tétouan, Larache (El-Araïch), Rabat, Casablanca (Dar-el-Beïda), Mazagan, Saffi et Magador[2]. Ils sont échelonnés sur le littoral, à distances à peu près égales l'un de l'autre. Aucun travail d'aménagement n'y a été fait, sauf le wharf récemment construit à Tanger. La côte ouest du Maroc, peu ou point éclairée, où les vents sont violents et la mer très dure,

[1] *Recueil consulaire belge*, 1899, p. 373.

[1] *Diplom. and consul. Reports*, n° 2632, p. 4. — On trouvera de nombreux détails sur les produits d'importation et d'exportation dans la brochure de M. G. Wolfrom : *Le Maroc, étude commerciale et agricole*. Paris, Dupont, 1893, et dans Jannasch : *Die deutsche Handelsexpedition 1886*, p. 38 et suiv., 56 et suiv.

[2] V. Wolfrom, p. 44.

est justement redoutée des marins. Le débarquement et l'embarquement sont souvent difficiles, le mouillage peu sûr : le plus détestable est Saffi, les moins mauvais sont Tanger, Larache et Rabat. Mais à Rabat (fig. 3), il faut compter avec la barre, sur laquelle il n'y a pas plus de 2 m. 1/2 d'eau. Dans ces dernières années, la barre de Larache a été parfois inaccessible pendant des semaines entières. Les négociants sont exposés de ce chef à de nombreux mécomptes. Il leur faut payer des intérêts pour les marchandises qu'ils entreposent en douane en attendant qu'un bateau puisse les charger. Elles y restent quelquefois si longtemps qu'elles sont complètement détériorées, réduites en poussière ou dévorées par les rats. Pendant ce temps, les cours peuvent subir des fluctuations en Europe et les calculs faits lors de l'achat se trouver déjoués.

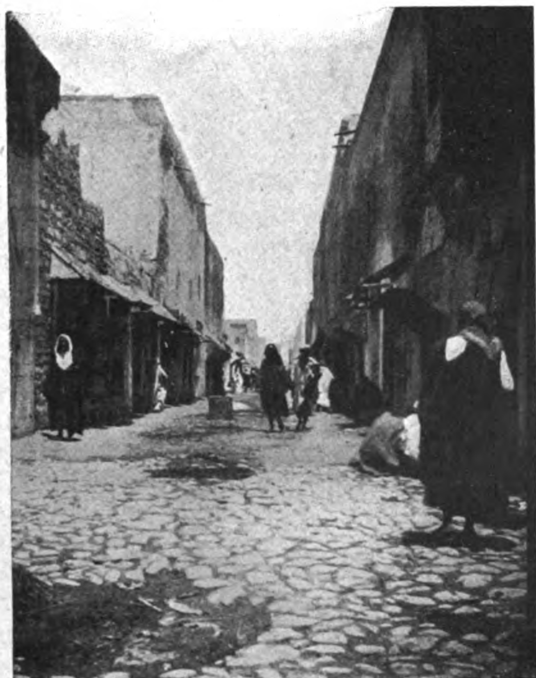


Fig. 4. — *Une rue de Mogador.* (Cliché de M. Doutté.)

Le tableau III indique la part respective de chacun des ports dans le commerce du Maroc.

Si l'on prend une longue suite d'années, par exemple de 1882 à 1900, et qu'on fasse abstraction de la dépression générale déjà signalée des années 1896-98, on observe que ce sont les ports de Larache, de Casablanca et de Mazagan qui présentent les progrès les plus remarquables, tandis que Tanger, Rabat et Saffi diminuent plutôt comme importance relative.

Chacun des huit ports, comme le remarque Beaumier, a son rôle particulier, résultant de sa situation géographique, de ses relations avec l'intérieur et des productions des pays qui l'avoisinent. Tanger est la première ville commerciale du Maroc; c'est la principale porte d'entrée de l'Europe au Maroc, l'emporium du détroit. Sa position, la sûreté relative du mouillage, le grand nombre des Européens qui y résident ou y passent, expliquent suffisamment son importance [1]. C'est surtout un port d'importation; avec Larache et Rabat, il ravitaille Fez, pendant que Casablanca, Mazagan et surtout Mogador ravitaillent Merrakech; des deux capitales, les marchandises européennes se répandent ensuite dans le Maroc. Pour l'exportation, Tanger et Tétouan drainent les produits du royaume de Fez et du Gharb, et ravitaillent Gibraltar. Larache exporte des laines, des fèves, de l'alpiste; Rabat, des laines, quelques cires et des cuirs salés; Casablanca, port de la province de Chaouïa, des laines, des grains (maïs, orge, doura), des pois chiches, des peaux; Mazagan, des peaux, des laines, des amandes: Saffi, des peaux et quelques huiles; Mogador, des peaux de chèvre, de l'huile d'olive, des amandes du Sous [4], de la cire, des gommes. Mogador (fig. 4) est le plus grand port du Maroc du Sud pour l'exportation comme pour l'importation; mais il a conservé peu de chose de son ancien rôle comme point de départ vers le Soudan [5]. Son importance est due en grande partie à ce qu'Agadir, le port du Sous, est fermé au commerce : « Le jour où Agadir s'ouvrira, dit M. de Segonzac, Mogador cessera d'exister [6] ».

C'est surtout en ce qui concerne la part respective des diverses Puissances que les recueils

Tableau III. — ***Commerce par ports.***

PORTS	MOYENNE DE 1894-1898 [2]		ANNÉE 1899 [3]	
	Importations	Exportations	Importations	Exportations
Tanger . . .	4.931.000	6.182.000	7.450.000	8.231.000
Tétouan. . .	1.113.000	174.000	1.073.000	158 000
Larache. . .	6.520.000	1.054.000	5.056.000	1.556.000
Rabat. . . .	3.692.000	1.571.000	2.736.000	887.000
Casablanca .	4.890.000	5.560.000	5 307.000	4.995.000
Mazagan . .	4.528.000	4 611.000	4.996.000	4.800.000
Saffi	2.301.000	3.040.000	2.169.000	1.611.000
Mogador . .	6.417.000	6.413.000	5.610.000	7.889.000

[1] Th. Fischer, p. 15 et 19.

[2] D'après M. H. de Laroche.

[3] D'après les documents français. L'année 1899 peut être considérée comme une année moyenne, dans la mesure où l'on peut parler « d'année moyenne » quand il s'agit du Maroc.

[4] En 1900, la récolte des amandes au Sous a été magnifique, et, celle de l'Italie ayant manqué, l'exportation par Mogador a été considérable. *Diplom. and consul. Reports*, n° 2632, p. 19.

[5] Th. Fischer, p. 54.

[6] De Segonzac, p. 122.

consulaires et les documents divers analysent et décomposent avec soin les chiffres du commerce marocain, chaque Puissance surveillant jalousement sa voisine, s'efforçant de ne point se laisser dépasser par elle, et de lui ravir ses monopoles lorsqu'elle en entrevoit la possibilité. Les tableaux IV et V montrent les positions respectives des principaux concurrents.

Une première remarque s'impose : c'est que les chiffres qu'on donne pour les exportations n'indiquent que la direction des produits; il est impossible de désigner avec précision les pays où ils sont manufacturés : beaucoup ne sont expédiés qu'en transit vers les contrées relatées. Quantité de marchandises comptées comme exportées en Angleterre sont finalement destinées à Hambourg ou à l'Amérique; une bonne part des peaux de bœufs qui vont à Marseille s'achemine ensuite vers l'Italie, et les peaux de chèvres qui suivent la même route sont souvent rembarquées pour les Etats-Unis. De même pour les importations : beaucoup d'importations belges se font sous pavillon allemand par des navires de Hambourg; les bois et pétroles des États-Unis, débarqués aux Canaries ou dénationalisés à Gibraltar, figurent ensuite sous divers pavillons européens. La Suisse et l'Autriche prennent également une part beaucoup plus importante au commerce du Maroc que les statistiques ne donneraient à le croire.

Nous allons indiquer sommairement quelle est, au point de vue commercial, la situation respective des principales Puissances qui ont des intérêts au Maroc[1]. Le fait saillant est qu'ici, comme sur tous les marchés du monde, des nouveaux venus, tels que la Belgique, les Etats-Unis, l'Italie, etc., prennent place à côté des anciens fournisseurs et clients, obligés désormais de partager avec eux.

L'Angleterre vient toujours au premier rang pour les importations comme pour les exportations. Mais son importance relative décroît devant ses jeunes rivales, l'Allemagne et la Belgique. Il y a quelques années, son commerce dépassait encore celui des autres nations d'une hauteur telle que le monopole pratiquement lui appartenait. Il n'en est plus du tout ainsi; les commerçants de la côte

TABLEAU IV. — *Commerce par Puissances et par nature de marchandises.*

NATURE DES MARCHANDISES	FRANCE	ANGLETERRE	ALLEMAGNE	BELGIQUE	ESPAGNE	ITALIE	ÉTATS-UNIS
	%	%	%	%	%	%	%
			Importations. (Moyenne de 1894-1898.)				
Sucre	72	2	4	22	»	»	»
Papiers	68	9	22	»	»	»	»
Bougies	0,65	98	1,15	0,20	»	»	»
Thés	0,15	93,60	6	0,25	»	»	»
Cotonnades	7,10	91	1,90	»	»	»	»
Draps	8,40	27,40	60	3,40	0,57	»	»
Cotons bruts	1	99	»	»	»	»	»
Farines et semoules	83,25	10,25	0,55	0,25	»	»	5,70
Soieries	92	1,45	2,45	»	»	1,15	»
Moyenne, en francs	5.766.000	10.202.000	3.390.000	2.000	715.000	593.000	534.000
			Exportations. (Moyenne de 1894-1898.)				
Laines	45	22	32	»	»	1	»
Dattes	6	72	»	»	22	»	»
Alpiste	3	62	10	»	20	5	»
Pois chiches	17	1	2	»	76	1	»
Fèves	4	81	1	»	11	»	»
Peaux de chèvres	57	19	1	»	»	5	18
Œufs	2	47	7	»	»	44	»
Bœufs vivants	27	59	»	»	14	»	»
Huiles	3	29	65	»	3	»	»
Amandes	»	67	27	»	»	4	»
Maïs	3	18	1	»	33	»	»
Cuirs	29	3	15	»	7	44	»
Cires	30	30	38	»	»	2	»
Peaux de moutons	17	2	78	»	2	1	»
Coriandre	31	29	36	»	4	»	»
Babouches	5	1	»	»	12	»	»
Gommes	5	79	16	»	»	»	»
Volailles	3	75	»	»	»	22	»
Fenu grec	20	4	75	»	»	»	»
Moyenne, en francs	9.167.000	19.315.000	2.289.000	2.190.000	5.447.000	52.000	»

[1] Outre le travail cité de M. G. WOLFROM, voir V. COLLIN : *Le Maroc et les intérêts belges*. In-8°, Louvain, 1900.

et les industriels de Manchester maintiennent très difficilement leurs positions[1]. Cependant, l'Angleterre conserve à peu près le monopole de l'importation des tissus de coton[2] et des cotons bruts (13 millions en 1899), auxquels elle joint deux autres articles importants, les bougies et les thés[3]. Elle exporte principalement des peaux de chèvres, des amandes, des fèves, des laines, des gommes. Mais les chiffres du commerce anglais sont artificiellement grossis par le commerce de Gibraltar, qui y est compris. Les lignes de navigation anglaise qui desservent les ports du Maroc, sans compter les services qui relient Gibraltar à Tanger et Tétouan, sont les Compagnies Foorwood (Mersey St. C. L.), Papayani et Bland. A mesure que les autres Puissances multiplient les lignes de navigation régulière vers le Maroc, on tend de plus en plus à s'affranchir du monopole anglais. L'Angleterre a été une des plus atteintes par la crise de 1892-1897. On peut définir d'un mot la situation du commerce anglais au Maroc : il est stationnaire, pendant que ses rivaux progressent.

[1] V. Collin, p. 117.

[2] Les Anglais importent par Mogador le *khent*, appelé en France *guinée*, étoffe de coton indigo qui est la contrefaçon d'une étoffe de même teinte, beaucoup meilleure, mais beaucoup plus chère, confectionnée au Soudan (De Foucauld, p. 122).

[3] Le thé vert est la boisson nationale des Marocains. D'après De Foucauld (p. 125), il se vend environ 5 fr. le kilog dans les ports, de 20 à 30 fr. dans le Sahara. On le prend très faible, avec énormément de sucre et de la menthe. Ce n'est guère qu'au voisinage de la frontière algérienne que l'on consomme du café.

Tableau V. — ***Commerce par Puissances et par ports.***

PORTS	FRANCE	ANGLETERRE	ALLEMAGNE	BELGIQUE	ESPAGNE	ITALIE	ÉTATS-UNIS
	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
Importations. (Année 1899.)							
Tanger	1.497.000	4.353.000	915.000	175.000	290.000	77.000	»
Tétouan	423.000	546.000	35.000	26.000	41.000	»	»
Larache	1.461.000	3.090.000	132.000	337.000	9.000	26.000	»
Rabat	1.318.000	990.000	426.000	»	»	»	»
Casablanca	1.872.000	3.291.000	662.000	303.000	125.000	5.000	»
Mazagan	819.000	3.340.000	223.000	594.000	19.000	»	»
Saffi	56.000	999.000	127.000	789.000	»	»	»
Mogador	1.609.000	2.986.000	608.000	369.000	36.000	»	»
Total	9.055.000	19.595.000	3.128.000	2.593.000	620.000	108.000	»
Exportations. (Année 1899.)							
Tanger	567.000	2.565.000	108.000	»	3.234.000	30.000	896.000
Tétouan	62.000	16.000	»	»	72.000	7.000	»
Larache	349.000	769.000	229.000	»	85.000	»	»
Rabat	430.000	68.000	36.000	»	6.000	»	»
Casablanca	2.682.000	»	482.000	»	1.347.000	262.000	»
Mazagan	755.000	1.647.000	787.000	»	1.297.000	»	»
Saffi	126.000	832.000	574.000	»	47.000	30.000	»
Mogador	476.000	3.958.000	1.975.000	»	86.000	342.000	1.050.000
Total	5.447.000	9.855.000	4.291.000	»	6.174.000	671.000	1.946.000

Les progrès commerciaux de l'Allemagne sont, au contraire, tout à fait remarquables. On peut en faire remonter l'origine à l'expédition commerciale envoyée au Maroc en 1886 sous les auspices du *Centralverein für Handelsgeographie*[1]. Des relations se nouèrent entre les deux pays, mais les marchandises allemandes étaient obligées de voyager sous pavillon étranger. Il fallait, avant tout, une ligne de navigation régulière. C'est ce que comprit le Dr Jannasch, président du *Centralverein* et directeur de la *Deutsche Exportbank*. Grâce à lui, fut fondée en 1890 la ligne de navigation *Atlas*, qui organisa toutes les trois semaines un départ de Hambourg vers Tanger et les ports marocains de l'Atlantique. Le succès de cette ligne dépassa les espérances de ses fondateurs. Aujourd'hui, trois lignes de navigation régulières unissent l'Allemagne au Maroc : Woermann, *Oldenburgisch-Portuguesische Linie* et Sloman. Hambourg a pris, à côté de Londres et de Marseille, un rôle sans cesse grandissant comme port d'exportation du Maroc[2]. Les Allemands veulent réussir à tout prix et ne reculent devant aucun sacrifice pour y parvenir. « L'Allemagne, disait Jannasch, *doit* vaincre l'Angleterre; ce n'est qu'une question de temps[3]. » Les Allemands ont été les premiers à comprendre l'immense

[1] Jannasch : *Die deutsche Handelsexpedition 1886*. — Cf. V. Collin, p. 102.

[2] Th. Fischer, p. 55 et 56.

[3] Die Frage, wann wir in den wichtigsten Industriezweigen die ersten sein werden, ist nur eine Frage der Zeit. (Dr Jannasch, p. 90.)

avantage que donne sur des concurrents l'envoi au pays même d'agents intelligents et actifs, qui se mettent au courant des usages, nouent des relations, soit avec des commerçants, soit directement avec les producteurs et consommateurs indigènes, apprennent à connaître les goûts des clients, savent quelles sont les facilités de paiement qu'il faut leur accorder et les garanties exactes de solvabilité qu'ils présentent. Ils ne dédaignent pas les objets les plus grossiers, les moins chers, ce que nous appelons trop dédaigneusement la « camelote »; ils reproduisent les vases et les outils indigènes avec leurs défauts et leurs irrégularités. Un navire-exposition, qui a visité successivement tous les ports du Maroc, a également contribué à développer leur commerce[1].

Les Allemands sont au troisième rang comme importateurs, avec 3.128.000 francs en 1899. Ils importent surtout des draps et des satins de Chine, de la quincaillerie, des papiers, de l'alcool, des verreries. A l'exportation, ils sont au quatrième rang, avec 4.291.000 francs en 1899, alors qu'il y a dix ans les exportations vers Hambourg n'atteignaient pas 200.000 francs. Ce sont surtout de la cire, de la laine, des œufs, des peaux de chèvres et de moutons. Comme on l'a remarqué plus haut, les envois de Belgique et d'Autriche contribuent à gonfler la statistique des envois allemands; mais, au bout d'un certain temps, les commerçants de Hambourg exportent de la bière et du verre d'Allemagne sous les étiquettes « bière de Pilsen » ou « cristal de Bohême[2] ». D'ailleurs, en sens inverse, il est bien certain que beaucoup de produits *made in Germany* figurent comme venant de la Grande-Bretagne. C'est surtout dans le triangle Rabat-Merrakech-Mogador que les Allemands sont nombreux et actifs. L'exportation de Mogador notamment tend de plus en plus à passer entre leurs mains; lorsque von Fritsch et Rein visitèrent Mogador en 1872, il n'y avait point d'Allemands; en 1878, il y avait une seule maison allemande; il y en a aujourd'hui trois, fort importantes, les maisons Weiss et Maur, également établie à Saffi, Marx, qui a une succursale à Merrakech, et Jaap. Ils joignent dans cette région l'activité scientifique à l'activité commerciale, comme en témoignent les voyages de M. Th. Fischer. En 1900, ils ont enlevé le premier rang aux Anglais à Mogador[3]. Cependant, dans l'ensemble, d'après les documents anglais, les progrès de l'Allemagne paraissent subir un temps d'arrêt dans ces dernières années.

La Belgique, elle aussi, a fait au Maroc de remarquables progrès et est devenue pour la France une très redoutable concurrente. Le plan des Belges consistait à remplacer en tout ou partie la France pour le sucre, et l'Angleterre pour la bougie; ils n'y ont pas complètement réussi. Les sucres belges sont vendus par pains de 72 kilogs environ, 5 francs de moins les 100 kilogs que le sucre français; mais on continue à préférer ce dernier, surtout à la côte, parce que le sucre belge se ramollit par suite de l'humidité. Les Belges vendent des bougies de paraffine, des briques et tuiles, de la faïence et de la porcelaine, des fers. En six ans, malgré la crise, les importations belges ont plus que doublé. Cependant l'année 1900 semble marquer un recul[1]. Quant aux envois du Maroc en Belgique, ils ont jusqu'ici peu d'importance, par suite de l'absence de maisons belges et de lignes belges de navigation. Les rapports consulaires belges attirent l'attention de leurs nationaux sur les laines; ils se demandent pourquoi un pays industriel comme la Belgique n'arrive pas à utiliser davantage un produit d'un usage constant dans les manufactures de Roubaix et de Tourcoing et font ressortir l'intérêt de le diriger sur Anvers au lieu de Dunkerque.

L'importance, la nature et la valeur du commerce de l'Espagne au Maroc ne justifient guère le rôle qu'elle prétend, par suite de traditions historiques, jouer dans ce pays. Ses importations sont insignifiantes, et « l'Espagne envoie moins de marchandises au Maroc, qui se trouve à sa porte, que la Suède, située à l'autre bout de l'Europe[2] ». C'est qu'un pays neuf comme le Maroc importe principalement des produits industriels, et que l'Espagne n'en a point à lui fournir. En outre, il y a trop de ressemblance entre le sol, le climat et les produits de l'Espagne et du Maroc pour que les échanges puissent être bien actifs. Seules les importations que l'Espagne tire du Maroc méritent d'être mentionnées. Ce sont du maïs, des bœufs, des pois chiches, des œufs, des peaux de chèvres, des dattes et de la volaille. Grâce aux bœufs et aux œufs qu'elle exporte de Tanger pour l'approvisionnement de ses ports, l'Espagne vient au deuxième rang comme cliente du Maroc (6.184.000 francs en 1899). Les compagnies *Transatlantica española* (Barcelone, Haynes (Cadix), Antonio Millan (Séville) relient l'Espagne au Maroc. C'est dans les ports de Tanger, Tétouan, Casablanca et Mazagan que cette Puissance montre relativement le plus d'activité.

La France vient au deuxième rang pour les importations (9.055.000 fr. en 1899), après l'Angleterre, et au troisième rang pour les exportations (5.447.000 fr. en 1899), après l'Angleterre et l'Espagne. Il faut remarquer d'ailleurs que, tandis que les chiffres de l'Angleterre sont grossis par le

[1] V. Collin, p. 104.
[2] Id., p. 106.
[3] *Diplom. and consul. Reports*, n° 2632, p. 20.

[1] *Diplom. and consul. Reports*, n° 2632, p. 9.
[2] V. Collin, p. 89.

mouvement entre Tanger et Gibraltar, ceux de la France sont diminués du trafic qui se fait avec l'Algérie par la frontière de terre. Mais ses positions sont très menacées par l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Belgique. Il y a notamment une « question du sucre » qui est assez inquiétante. La France avait, en quelque sorte, le monopole des sucres, comme l'Angleterre celui des tissus. Mais, si l'on en croit les rapports consulaires belges, les raffineries de Marseille n'ont la préférence des négociants de Tanger qu'en raison de la facilité des communications, les sucres français arrivant à Tanger cinq jours après avoir été commandés par câble, et parce que le fret de Marseille coûte 15 francs la tonne, d'Anvers 15 shillings et 10 °/₀. Cela est bien fragile. Cependant, la France maintient sa position; elle a même regagné à Fez ce qu'elle avait perdu [1]. Outre le sucre, qui est le gros article, la France envoie au Maroc des soies, des farines et semoules, des papiers, des allumettes. Pour les soies, les tissus allemands à bon marché concurrencent depuis quelques années, à Fez, nos soieries lyonnaises [2]. Quant aux exportations, ce sont surtout des laines, de l'huile d'olive, des amandes, des pois chiches, des peaux de chèvres et de bœufs. Deux lignes de navigation françaises relient le Maroc à Marseille : la Compagnie Touache, qui dessert la côte Nord et Tanger, et la Compagnie Paquet, qui dessert la côte Ouest. Notre commerce tient encore le premier rang à Rabat; il est en assez bonne posture à Larache et à Casablanca, mais il recule de plus en plus à Mogador [3].

En somme, « nous avons peine à défendre ce que nous tenons contre nos rivaux, et nous ne leur enlevons rien » [4]. Cependant notre situation, sans être excellente, est loin d'être désespérée. Le commerce français peut, s'il le veut, maintenir sa situation et l'accroître. Il faut pour cela, à l'exemple des Allemands, développer les lignes de navigation, envoyer sur place des agents intelligents, familiarisés avec la langue et les usages du pays, fabriquer à bon marché et selon le goût de l'acheteur, faire de longs crédits tout en restant prudent. Garder le marché du sucre, essayer de se créer des affaires pour les autres articles, notamment les bougies, voilà quel devrait être le but de nos nationaux. S'il est impossible, ce qui n'est pas prouvé, de faire concurrence à l'Angleterre pour les cotonnades, on se demande du moins pourquoi on lui laisserait le monopole du thé. En ce qui concerne les lignes de navigation, on a heureusement reconnu la nécessité de relier le Maroc directement avec la France du Nord et de l'Ouest, avec Bordeaux, Nantes, le Havre et Dunkerque. « En arrivant à Marseille, les marchandises françaises, qui viennent en grande partie du nord, sont déjà grevées de frais de transport considérables, ce qui ne leur permet pas de soutenir facilement la concurrence des articles étrangers arrivés directement par bateaux de leur pays d'origine [1]. » En outre, la France, qui est la Puissance prépondérante dans l'Afrique occidentale, pourrait drainer une partie du commerce de la côte marocaine en faisant escale dans ses ports à l'aller ou au retour du Sénégal, du golfe de Guinée et du Congo [2].

Mais la situation de notre pays est unique en ce sens que seul il a une frontière de terre avec le Maroc, du côté de l'Algérie. Quel parti peut-il tirer de cette situation? C'est une question qui a fait couler beaucoup d'encre, et que nous voudrions, en terminant, résumer en peu de mots.

3. *Commerce par la frontière algérienne.* — Les régions du Maroc qui avoisinent notre frontière algérienne ne sont pas, il s'en faut, parmi les plus riches du Maroc. Ce sont, du nord au sud, le Rif oriental, le Dahra, continuation des steppes de la province d'Oran, et la vallée de la Moulouïa; enfin, sur le versant saharien, le massif de Figuig, l'Oued-Guir et le Tafilelt. Nous entrons en concurrence, pour l'exploitation commerciale de ces régions, avec la voie de Fez (par Larache), et avec celle de Melila; de ces deux points, les marchandises se répandent dans le Rif, la vallée de la Moulouïa, et remontent par Ksabi-ech-Cheurfa jusqu'au Tafilelt.

La valeur du commerce qui s'effectue entre la France et le Maroc par la frontière algérienne est évaluée, très approximativement et d'une manière hypothétique, à 10 millions environ. Depuis quelques années, beaucoup de moutons sont achetés par l'Algérie et revendus en France, laissant aux négociants de la province d'Oran un bénéfice de 6 à 8 francs par mouton [3]. Il passe aussi des bœufs

[1] *Moniteur officiel du Commerce*, 20 avril 1899 et 8 mai 1900.

[2] *Moniteur officiel du Commerce*, 25 mai 1899, p. 792. — Cf. même Recueil, 27 décembre 1900 et 9 janvier 1902. La France a complètement perdu l'importation de la bougie, qu'elle possédait autrefois, parce que les maisons françaises se sont refusées à fabriquer des bougies de paraffine.

[3] Ce recul serait plus apparent que réel d'après le *Mon. offic. du Comm.*, 1900, p. 423, et dû à ce que l'exportation des peaux de chèvres pour l'Amérique et l'Italie par Marseille figurait à notre actif, tandis qu'aujourd'hui les connaissements sont faits pour les pays de destination.

[4] Collin de Plancy : Le Commerce du Maroc (Annexe au *Mon. offic. du Comm.* du 26 mars 1896). — Cf. Edmond Doutté. Une mission d'études au Maroc (*Bull. Com. Afr. fr.*, 1901, Suppl., p. 161).

[1] V. Collin, p. 98.

[2] V. *Bulletin de l'Offic. des Rev. génér. de l'Algérie*, 15 février 1902.

[3] L. Demaeght, Voyage d'études commerciales sur la frontière marocaine (*Bull. Soc. Géogr. d'Oran*. 1896, p. 22, 187; 1897, p. 30).

par notre frontière, ainsi que des peaux. Ce commerce est naturellement sujet à beaucoup de fluctuations, suivant l'état des récoltes et des pâturages au Maroc, et surtout suivant que les tribus marocaines qui nous avoisinent sont en paix ou en guerre les unes avec les autres. Mais il a une sérieuse importance, que les rapports consulaires anglais n'ont pas manqué d'apercevoir : « Le commerce de la frontière algérienne, disent-ils[1], peut se développer beaucoup aux dépens du commerce britannique, et porter une atteinte grave au marché du bétail de Tanger pour l'exportation. »

Au point de vue de l'importation[2], notre situation était, de l'aveu général, tout à fait déplorable. Surtout depuis la création du port franc de Melila en 1882, les indigènes avaient pris l'habitude d'aller chercher dans ce presidio espagnol les denrées importées, notamment le thé et le sucre. Les commerçants d'Oudjda et de Debdou, sans cesser complètement leurs relations avec l'Algérie, tiraient la plus grande partie de leurs approvisionnements de Melila et de Fez; les caravanes qui allaient autrefois de Fez à Tlemcen venaient encore un peu, mais repartaient à vide et faisaient leurs achats à Melila. Les gens de Figuig allaient acheter à Oudjda ou faisaient venir à dos d'animaux, malgré un parcours de plusieurs semaines dans une région très peu sûre, des marchandises anglaises venues par Melila, plutôt que d'acheter celles que le chemin de fer du Sud-Oranais apportait à 40 kilomètres d'eux. Le sucre, le thé, le café, la quincaillerie allaient au Touat et au Tafilelt par la même voie, et une caravane de Rezaïna, emportant 65.828 francs de marchandises, comptait seulement, en fait de produits français, pour 96 francs de bougies de Marseille. Les denrées coloniales entraient même en contrebande du Maroc en Algérie.

Une Commission spéciale constituée par le Gouvernement général de l'Algérie en 1893 reconnut que l'extrême élévation des prix de nos produits, majorés des 2/3 par les taxes qu'ils subissaient, ne nous permettait plus de lutter, et qu'il fallait nécessairement modifier cet état de choses sous forme de dégrèvement au tarif douanier algérien. Le sucre supportait une taxe de 50 francs par 100 kilos: le café payait 60 francs par 100 kilogs, de sorte que par Melila il coûtait 46 francs de moins.

Trois catégories de marchandises sont à distinguer : 1° les matières premières et objets d'alimentation courante, tels que laines brutes, peaux, viandes séchées, grains, qui proviennent de nos tribus algériennes; il n'y a pas de droit sur ces matières, et notre situation est bonne sur ce point; 2° les denrées coloniales, sucres français et coloniaux, thés, cafés, épices; ces produits pourraient être exportés en grande quantité, mais les droits énormes qu'ils supportent au débarquement dans un port algérien les en empêche; il faut donc supprimer ces droits; 3° les produits manufacturés, tels que quincaillerie, tissus, etc., qui ne sont pas tous d'origine française comme le sucre et les denrées coloniales. Ici la question est plus complexe, et il semble bien qu'il n'y ait lieu d'accorder la détaxe à la sortie, parmi les objets manufacturés étrangers, qu'à ceux qui n'ont pas de similaires français, comme les pétroles.

Le régime proposé par M. Jolly, inspecteur des finances, rapporteur de la Commission, consistait en ce que les marchandises, après acquittement des droits dans un port d'Algérie, seraient dirigées sur un point par lequel elles devraient sortir, et, au vu de la constatation de sortie par un agent de l'Etat, les droits seraient remboursés par le bureau ayant fait la recette. Ce système fut consacré par la loi de finances du 16 avril 1895, instituant en Algérie un régime de transit pour les marchandises à destination du Maroc. Un décret du 16 décembre 1896, intervenu en exécution de cette loi, énuméra les marchandises admises à la détaxe des droits de douane et d'octroi de mer, en même temps qu'il fixait les postes par lesquels ces marchandises devaient sortir du territoire algérien. Les marchandises autorisées à transiter sont les sucres bruts ou raffinés, les cafés, les thés, les poivres, cannelles, clous et griffes de girofle, macis, muscades, piments, huiles minérales importées directement d'un pays hors d'Europe, l'alcool contenu dans la parfumerie, les vernis, médicaments et autres produits d'origine française.

On s'accorde généralement à dire que ce système, dit des entrepôts francs, n'a pas donné les résultats qu'on espérait. On a même nié que ces entrepôts puissent prospérer, et une polémique s'est engagée à ce sujet[1]. Il ne faut pas être trop impatient. D'après les renseignements personnels que nous avons recueillis sur place, l'importation des sucres tend à diminuer par Melila, à s'accroître par Nemours et Marnia, surtout depuis qu'on s'est décidé à accorder aux sucres exportés par Marnia la prime d'exportation de 2 fr. 86 par 100 kilogs qui jusqu'ici n'était accordée qu'aux sucres sortant par Melila. Marnia exporte actuellement plus de

[1] *Dipl. and consul. Reports*, n° 2131, p. 11.

[2] H.-M.-P. de la Martinière et N. Lacroix : *Documents sur le Nord-Ouest africain*, t. I, p. 86; t. II, p. 155. — Cf. *Procès-verbaux du Conseil supérieur*, mars 1898, p. 385; janvier 1899, p. 477; *Procès-verbaux des Délégations financières*, novembre 1899, p. 444 et 720.

[1] Le commerce avec le Maroc par l'Oranie, dans le *Bull. Soc. Géogr. comm.*, 1900, p. 221 et 417. Ces deux articles contiennent l'un et l'autre de grosses erreurs.

100 quintaux de sucre par mois. Le café, le poivre, la girofle, la cannelle donnent également des chiffres sans cesse croissants, et le mouvement des produits qui ont été admis à bénéficier de la détaxe s'est élevé en 1901 à 676.000 francs [1].

Cependant on demande de divers côtés que le système actuel soit amélioré. Les uns se plaignent des exigences de la douane en ce qui concerne le double emballage et le plombage, de l'immobilisation des capitaux résultant de ce que les droits sont remboursés seulement après exportation, de l'obligation de payer une escorte pour accompagner les marchandises et prévenir le retour frauduleux. On demande que ces formalités soient simplifiées ; que les farines et semoules, que l'on a probablement oubliées, soient ajoutées à la liste des articles détaxés ; enfin, que la vente au détail des marchandises détaxées soit autorisée dans les postes de sortie, afin de permettre aux indigènes de s'approvisionner en petites quantités et proportionnellement à leurs besoins. D'autres vont plus loin et réclament la création d'une zone franche entre la frontière marocaine et la Tafna ; ce fleuve n'étant pas facilement guéable, la surveillance serait, dit-on, plus commode même pour la douane qu'avec le système actuel, et la contrebande, loin d'être plus facile, diminuerait ; un port franc, créé dans cette zone, ferait à Melila une concurrence décisive.

Ici interviennent une foule de considérations qui compliquent encore ce délicat problème, mais dans le détail desquelles il est impossible d'entrer. Divers arrangements ont été conclus avec le Maroc au sujet de la zone-frontière, qui ne manqueront pas d'influer sur le commerce de cette zone ; mais, comme le texte exact n'en a pas encore été publié, on ne saurait les discuter ici.

Quoi qu'il en soit, une question, à nos yeux, domine toutes les autres : c'est le choix judicieux de la ligne de pénétration. Or, il se trouve que cette ligne de pénétration est indiquée avec la dernière évidence par la nature et par l'histoire : c'est la voie Tlemcen-Marnia-Oudjda-Taza-Fez. La ligne ferrée du Sud-Ouest oranais peut jouer un certain rôle ; avec des tarifs modérés [2] et des mesures de détaxe douanière, elle peut certainement drainer le commerce du massif de Figuig, du Touat et du Tafilelt, qu'elle est beaucoup plus apte à desservir que la voie de Fez [3]. Mais ce sont là, il ne faut pas se faire d'illusions, des régions assez misérables. Si l'on veut tenter quelque chose de sérieux, il faut rendre la vie à cette grande artère algéro-marocaine entre Tlemcen et Fez que suivit le commerce pendant tout le Moyen-Age. Le trajet, il est vrai, est un peu plus long de Marnia à Fez que de Larache à cette ville [1]. Mais bien d'autres facteurs entrent en ligne de compte ; il ne s'agit d'ailleurs pas seulement de Fez même, qui n'est que le terminus, mais des régions à traverser sur le parcours et notamment de la vallée de la Moulouïa. Il faut donc se hâter de construire les quelque 60 kilomètres de chemin de fer qui restent à poser entre Tlemcen et Marnia, et organiser, comme y avait songé M. Jules Cambon, des caravanes armées entre Fez et Tlemcen. On arriverait à passer malgré les Ghiata [2]. On se heurterait il est vrai à la mauvaise volonté des intérêts que l'on lèserait ; mais, en revanche, les indigènes algériens pourraient nous être d'un bien précieux secours. Les musulmans algériens pourraient nous y aider en même temps que les Juifs de Tlemcen, qui, comme on sait, ont tous des « cousins » à Oudjda, à Debdou et à Fez.

Ainsi s'effectuerait la pénétration du Maroc par le commerce français, pénétration qui, comme l'a montré M. Mohammed ben Rahal [3], a un intérêt politique de premier ordre. La multiplicité des relations et l'importance des liens noués nous amènerait à la meilleure des conquêtes et la plus profitable, celle qui repose sur les intérêts réciproques.

Du haut du magnifique belvédère que forment les remparts de Tlemcen, si l'on regarde vers l'Ouest, on a devant soi une vaste plaine qui se continue jusqu'aux lointains bleuâtres de l'horizon ; cette plaine, qui va jusqu'à Fez et jusqu'à l'Atlantique, est la véritable porte du Maroc du côté de l'Algérie : il n'y en a pas d'autre.

III. — Conclusion.

« Le Maroc, dit Hooker, ne saurait être trop vanté [4] » : évidemment, surtout lorsqu'on a des vues sur cette contrée ; et nous nous souvenons que M. A. Grandidier fut qualifié de mauvais patriote pour avoir insinué jadis que la latérite de Madagascar n'était peut-être pas d'une fertilité merveilleuse. Il est, d'ailleurs, indéniable que le Maroc est le plus riche des trois pays de l'Atlas ; il a une façade sur deux mers, il est sur la route de l'Amé-

[1] *Bull. Off. Rens. Gén. Algér.*, 15 oct. 1902.

[2] 8 à 10 centimes la tonne kilométrique ; cela ferait environ 100 fr. d'Oran aux oasis ; or, les transports actuels par chameaux coûtent environ 200 fr. la tonne.

[3] Sur le commerce de Fez, voir De Foucauld, p. 20 et 22.

[1] Sur les prix et les distances comparées de Larache et de Marnia à Fez, voir *Dipl. and consul. Reports*, nº 2603, p. 14 ; *Monit. Offic. du Comm.*, 20 avril 1899, p. 630 ; 25 mai 1899, p. 792.

[2] Sur Taza et les Ghiata, dont il a été si souvent question à l'occasion des derniers événements du Maroc, voir De Foucauld, p. 32-34.

[3] *Bulletin d'Oran*, 1892, p. 493.

[4] Of the material resources of Morocco, it is difficult to say too much (*Hooker's Journal*, Londres, 1878, p. 348).

rique et du golfe de Guinée, il tient la clef de la Méditerranée; la plus grande partie du sol est cultivable, la steppe même se prête bien à l'élevage; il a de hautes montagnes qui lui donnent des eaux abondantes et le garantissent du désert.

Ce n'est pas l'importance économique actuelle du Maroc qui suscite autour de ce pays de si âpres convoitises. A qui fera-t-on croire que c'est pour l'alpiste et le fenu grec que les Puissances européennes se surveillent si jalousement? En réalité, il s'agit de prendre position en vue de l'ouverture future du Maroc; l'action politique et l'action commerciale se greffent l'une sur l'autre, et c'est pourquoi l'alpiste et le fenu grec prennent une signification particulière.

Si le Maroc s'ouvrait, quelles en seraient les conséquences? Il n'est pas facile de le prédire. Les Puissances européennes espèrent surtout y trouver un débouché pour leurs produits : leurs prévisions pourraient bien être déjouées, et ce pays essentiellement agricole pourrait bien se révéler surtout exportateur. En tout cas, l'un ne va pas sans l'autre, et le pouvoir d'achat, le *purchasing power*, est toujours lié à la vente des produits mêmes du pays.

La France doit s'efforcer de développer son commerce du côté de la frontière algérienne, surtout par la voie de Tlemcen à Fez, et éviter, au contraire, tout ce qui pourrait drainer davantage les produits du Maroc vers la côte Ouest. On peut se demander si notre pays, amplement pourvu de possessions méditerranéennes, a bien un intérêt économique à hâter l'ouverture de la succession marocaine. On devra prendre garde, en tout cas, de ne pas consentir aux autres Puissances européennes des avantages commerciaux tels qu'on se trouve créer à l'Algérie et à la Tunisie une concurrence d'autant plus désastreuse que le Maroc est, à tous égards, plus favorisé de la Nature.

La France n'aurait intérêt à précipiter les choses que si elle avait pour cela des motifs politiques et si le *statu quo* tendait à être rompu à son détriment. Est-ce le cas? Il ne nous appartient pas d'en décider. Elle ne doit, quoi qu'il en soit, la question internationale du détroit étant laissée de côté, partager le Maroc avec personne; il lui faut réaliser entre ses mains, comme l'avaient fait les Romains, l'unité de la Berbérie. Le phénomène de l'expansion des Puissances européennes et du partage de la terre entre elles est trop complexe pour pouvoir être jugé du seul point de vue économique. La plus grande richesse du Maroc, c'est cette population berbère, si sauvage, mais si intelligente et si élevée en somme, qui n'a peut-être pas dit son dernier mot dans l'histoire ; il s'agit au fond de savoir qui sera son initiatrice : c'est peut-être pour le Maroc surtout qu'il faut souhaiter que ce soit la France. « Avec l'expérience acquise et avec leurs instincts généreux, dit l'Anglais James Craig, les Français ne pourraient manquer d'être de bons maîtres. » Qu'il nous soit permis, en terminant, de rapprocher du mot de Craig cette parole de Beaumier, un des rares représentants de la France au Maroc qui aient servi à la fois l'influence française et la science : « Avec les barbares, dit Beaumier, avec les Marocains, je n'ai rien vu encore réussir mieux que la justice et la loyauté. »

Augustin Bernard,
Chargé du cours de Géographie de l'Afrique du Nord à la Sorbonne.

LE TRAVAIL MUSCULAIRE
D'APRÈS LES RECHERCHES DE M. CHAUVEAU

Je n'ai pas l'intention, dans ce qui va suivre, d'exposer les recherches de M. Chauveau sur le travail musculaire. Elles se trouvent dans les diverses publications de l'auteur, dans un petit volume de M. Laulanié et dans ses *Eléments de Physiologie*. Mon but est tout autre. En lisant les Mémoires que je viens de mentionner, j'ai souvent été arrêté par bien des difficultés, bien des contradictions apparentes. Les unes provenaient du sujet lui-même, les autres de ce que M. Chauveau s'est trouvé, au cours de ses laborieuses recherches, dans la nécessité de modifier certaines de ses idées. Enfin, la manière dont il envisage ces questions et les exprime me semblait s'écarter des principes et de la langue adoptés en Mécanique, ce qui en rend la lecture tout au moins pénible.

Aujourd'hui, après de longues réflexions, les choses sont parfaitement claires dans mon esprit. Je voudrais épargner à ceux que ces problèmes si importants intéressent les méditations auxquelles j'ai dû me livrer.

Mon but est donc de m'efforcer, par des comparaisons et par l'emploi des termes classiques, de montrer en quoi les conceptions de M. Chauveau sur le travail musculaire concordent avec ce que nous apprend la Mécanique générale, et en quoi

elles ont éclairé d'un jour nouveau la physiologie du muscle. Je veux interpréter et préciser certaines expressions, parfois un peu vagues, dont le sens est difficile à saisir dans les écrits de M. Chauveau.

Cet article mériterait donc plutôt le titre de « Introduction à la lecture des travaux de M. Chauveau sur le travail musculaire », si toutefois je pouvais arriver au résultat que je veux atteindre.

I. — Base des conceptions de M. Chauveau.

1° Le muscle est une machine à l'aide de laquelle un poids peut être soutenu à une certaine hauteur, soulevé ou abaissé plus ou moins rapidement ;

2° Dans l'un quelconque de ces cas, le muscle met en jeu une certaine force qui n'existe pas à l'état de relâchement ;

3° Cette force est le résultat du *travail physiologique* qui se produit dans le muscle sous l'influence de l'excitation nerveuse ;

4° Ce travail physiologique trouve sa source d'énergie dans les combustions intra-musculaires, et reparaît en totalité ou en partie sous forme de chaleur ;

5° La force en question consiste uniquement, lorsque le poids est soutenu, en ce que M. Chauveau appelle la *force de soutien*. Quand le poids est élevé ou abaissé, elle est accompagnée de la *force motrice*.

Nous allons voir quelle est, dans ces conceptions, la part des définitions et des hypothèses, quelle est celle des faits établis en Mécanique générale, et comment les hypothèses sont vérifiées par l'expérience.

Pour cela, nous allons considérer successivement le simple soutien d'un poids, puis sa mise en mouvement.

II. — Fonctionnement des machines motrices en général dans le soutien d'un poids.

Toute machine soutenant un poids dépense pour cela une certaine quantité d'énergie. Afin de bien préciser ce point, nous allons prendre quelques exemples.

1. *Moteur électrique*. — Supposons un moteur électrique quelconque actionnant un treuil destiné à élever un poids. Pour soutenir simplement ce poids, le moteur étant à l'arrêt, il faudra lui envoyer un certain courant; sans cela, son anneau fonctionnerait comme une simple poulie, le poids descendrait avec une vitesse accélérée. Mais, sous l'influence du courant, les attractions et répulsions électromagnétiques entreront en jeu d'une façon d'autant plus énergique que le courant sera plus intense, et pourront maintenir le poids en équilibre à une certaine hauteur. On voit donc que ce soutien ne pourra avoir lieu que grâce à une dépense d'énergie électrique, qui reparaîtra entièrement sous forme de chaleur, par suite de l'effet Joule dans les bobines.

2. *Moteur à vapeur*. — Réduisons le moteur à vapeur à sa forme la plus simple ; il se composera uniquement d'un corps de pompe vertical, muni d'un piston, sur lequel on placera le poids à soutenir. Ce soutien nécessite une certaine pression de la vapeur ; si le corps de pompe était complètement étanche, on pourrait fermer le robinet d'amenée de la vapeur, et il n'y aurait aucune dépense. Mais, par suite de la conductibilité calorifique tout au moins, et souvent des fuites par les joints, il faut sans cesse réparer quelques pertes, et, dans ce cas comme dans le précédent, il y a une certaine dépense d'énergie.

3. *Moteur à eau*. — Le même raisonnement s'applique évidemment au moteur à eau qui, pratiquement, a toujours quelque fuite.

Donc, dans tous les moteurs, il y a, lors du simple soutien d'un poids, une dépense d'énergie.

Cette énergie reparaît en fin de compte sous forme de chaleur. Elle trouve son origine dans une source en réalité extérieure au moteur, mais que, dans certains cas, il est facile d'imaginer comme faisant, en apparence, partie du moteur lui-même, ainsi que nous le montrerons plus loin.

III. — Evaluation de la dépense dans les machines soutenant un poids.

Nous ne sommes pas fixés sur la nature des actions électromagnétiques du moteur électrique ou sur les phénomènes élémentaires constituant la pression dans le moteur à vapeur ou à eau ; mais nous savons, quand un moteur soutient différents poids, comment varient ces actions électromagnétiques ou cette pression.

Nous pouvons aussi calculer la dépense d'énergie qui est liée à la production de ces phénomènes, et déterminer quelles sont les combustions ou dépenses de la source qui alimente le moteur.

Nous allons montrer comment se font ces déterminations dans le cas des divers moteurs dont il a été question.

1. *Cas du moteur électrique*. — Quel que soit le type du moteur, lorsque le poids soutenu varie, les actions électromagnétiques doivent varier proportionnellement à ce poids.

Mais, pour pousser l'analyse plus loin, il faut faire une distinction entre les moteurs électromagnétiques et les moteurs électrodynamiques :

a) Supposons que nous ayons affaire à un moteur électromagnétique ; pour doubler ou tripler les phénomènes d'attraction ou de répulsion, il faudra doubler ou tripler l'intensité du courant. Mais, suivant la loi de Joule, la quantité d'énergie dépensée dans le moteur est proportionnelle au carré de l'intensité du courant. Quant à la quantité de zinc dissous dans la pile qui alimente le moteur, elle est proportionnelle à l'intensité du courant.

b) Dans le cas du moteur électrodynamique, les phénomènes d'attraction ou de répulsion varient comme le carré de l'intensité. Pour soutenir des poids croissants, il suffit donc de faire varier l'intensité du courant proportionnellement à la racine carrée du poids. L'énergie dépensée dans le moteur sera donc proportionnelle au poids à soutenir, et la quantité de zinc dépensée dans la pile variera comme la racine carrée du poids.

TABLEAU I. — ***Énergie nécessaire au soutien d'un poids.***

NATURE du moteur soutenant le poids P (1)	NATURE des phénomènes qui se passent dans le moteur (2)	ÉNERGIE nécessaire au fonctionnement du moteur (3)	DÉPENSE d'alimentation (4)
Électromagnétique .	Actions électromagnétiques.	mP^2	nP
Électrodynamique .		mP	$n\sqrt{P}$
A vapeur. .	Actions moléculaires.	$f(P)$	$nF(P)$
A eau . . .		$m\sqrt{P^3}$	$n\sqrt{P}$

2. *Cas du moteur à vapeur.* — La pression de la vapeur est toujours proportionnelle au poids supporté par le piston. La température et les pertes de chaleur sont une certaine fonction de cette pression, qu'il faudrait déterminer expérimentalement. Si les combustions se passaient dans le corps de pompe même, elles serviraient juste à réparer ces pertes de chaleur ; mais, en général, le foyer est extérieur : il en résulte une perte encore plus grande, dont on ne peut demander la valeur qu'à l'expérience.

3. *Cas du moteur à eau.* — Imaginons un moteur à eau d'un type spécial très simple. Il consistera en un corps de pompe muni d'un piston supportant un poids. Un tuyau d'amenée d'eau arrivera par le bas, venant d'un vase communicant, alimenté lui-même par un robinet à chute libre. Le poids soutenu sera proportionnel à la pression. Les fuites seront proportionnelles à la racine carrée de la pression, ainsi que la quantité d'eau nécessaire pour réparer ces pertes, et s'écoulant par le tuyau à chute libre. Quant à l'énergie dépensée dans le moteur par les fuites, elle dépend du produit de la quantité d'eau qui s'écoule par la pression, c'est-à-dire qu'elle croît comme $\sqrt{P^3}$.

On peut résumer dans le tableau I ce qui se passe dans ces divers moteurs ; quelle est, pour le soutien d'un poids déterminé P, l'expression de l'énergie nécessaire au fonctionnement du moteur et la dépense d'alimentation, que la source soit considérée comme extérieure au moteur, ou comme faisant partie de ce moteur ?

Passons maintenant au muscle.

IV. — DU MUSCLE SOUTENANT UN POIDS. CRÉATION DE LA FORCE DE SOUTIEN.

Quand un muscle soutient un poids à une certaine hauteur, il déploie une certaine force, égale précisément au poids soutenu. M. Chauveau dit que cette force est créée par un certain *travail physiologique*, qui se passe dans le muscle.

Nous ne savons pas en quoi consiste ce travail physiologique, pas plus que nous ne sommes fixés sur la nature des actions électromagnétiques du moteur électrique. Ces expressions ne font que masquer notre ignorance des phénomènes intermédiaires entre le soutien du poids et la dépense d'énergie dans la source. Dans un cas, cette dépense consiste en une dissolution du zinc de la pile ; dans l'autre, ce sont des combustions de l'organisme qui se manifestent à nous par l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique.

M. Chauveau a établi que, pour une position déterminée du muscle, c'est-à-dire pour un certain degré de raccourcissement, les combustions de l'organisme, c'est-à-dire la dépense de la source d'énergie, sont proportionnelles au poids soutenu, ou à la force créée. Il prend cette même dépense comme mesure du travail physiologique, et nous pourrons donc dire en résumé :

Quand un muscle soutient un poids, pour un même degré de raccourcissement du muscle, la force créée est proportionnelle au travail physiologique mesuré par les combustions.

L'expression de *force créée*, qui a semblé étrange à certaines personnes, est absolument exacte. Cette force n'existe pas, en effet, dans le muscle au repos, pas plus que les forces attractives d'un électro-aimant n'existent avant le passage du courant dans les bobines. Dans l'un et l'autre cas, c'est au moment du passage du courant ou de l'excitation neuro-musculaire que la force qui attire le fer doux ou qui soutient le poids se développe.

Remarquons aussi que, dans les deux cas, il n'y a aucune consommation d'énergie ; l'énergie reparaît tout entière sous forme de chaleur soit dans les bobines, soit dans le muscle.

Lorsque le muscle ainsi contracté soutient un poids, il se comporte comme un corps parfaitement élastique. C'est-à-dire que, si on lui ajoute une surcharge, il s'allonge proportionnellement à cette surcharge, et revient à sa longueur primitive si la surcharge est enlevée.

Ces propriétés ne varieront pas tant que l'excitation neuro-musculaire ne sera pas modifiée. Nous retrouverions des conditions analogues dans le moteur à vapeur que nous avons décrit, s'il y avait un afflux de vapeur ou de chaleur constant, avec un poids P supporté sur le piston.

Si nous venons à modifier le poids P soutenu par le muscle, le travail physiologique et les combustions croîtront, comme nous l'avons vu, proportionnellement au poids. D'un autre côté, M. Chauveau a montré que, dans ces conditions, une même surcharge produit un allongement variant en raison inverse de la charge.

Tout se passe donc comme si le coefficient d'élasticité du muscle soutenant un poids P *à une hauteur donnée variait porportionnellement à ce poids et, par conséquent, au travail physiologique mesuré par les combustions.*

C'est pour cela que, dans ses premiers écrits, M. Chauveau disait que le travail physiologique créait l'élasticité du muscle contracté. Il y a tout intérêt à supprimer cette locution.

V. — De l'énergie mise en jeu dans le soutien d'un poids par le muscle contracté.

Dans le tableau que nous avons dressé plus haut, le travail physiologique serait à mettre dans la colonne (2). Les combustions ont leur place dans la colonne (4).

Nous savons que la dépense d'alimentation n'est pas dans tous les cas proportionnelle au poids soutenu. Le muscle ne peut, à ce point de vue, être mis en parallèle qu'avec le moteur électromagnétique.

Mais voici une autre question qui se pose. Dans le cas du muscle, quel est le terme qui correspond à la colonne (3) ? Sur ce point, nous ne sommes nullement renseignés. Pour le moteur électrique, par exemple, alimenté par une pile, il y a une dépense totale d'énergie portée dans la colonne (4). Une partie de cette énergie reparaît dans la pile même sous forme de chaleur ; cette quantité est d'autant moindre que la pile est moins résistante ; on peut la rendre très petite. Le reste apparaît aussi sous forme de chaleur, dans les bobines du moteur ; pour un moteur donné, elle est déterminée pour chaque poids : c'est la dépense nécessaire à la production des actions électromagnétiques et indispensable au fonctionnement du moteur.

Dans les expériences sur le muscle, nous ne pouvons évaluer que la dépense totale des combustions, correspondant à la colonne (4). Il y a lieu de se demander si toute cette dépense est indispensable au fonctionnement du muscle et doit, par conséquent, s'inscrire dans la colonne (3), ou si une partie de l'énergie mise en liberté correspond à la chaleur dégagée dans la pile même, l'autre seule étant réellement utile.

Dans l'état actuel de nos connaissances, cette question ne peut être tranchée ; cependant, M. Chauveau pense qu'il faut se rallier à la première manière de voir. La vérité pourrait, toutefois, je le répète, se trouver dans la seconde sans rien changer à nos résultats expérimentaux.

Quoi qu'il en soit, c'est ce terme à mettre dans la colonne (3) que M. Chauveau a aussi désigné sous le nom de travail physiologique, et ses idées sur les phénomènes successifs qui se passent dans le muscle peuvent se représenter schématiquement par les égalités suivantes :

Combustions intra-musculaires = Travail physiologique
= Energie extérieure fournie.

Cette énergie extérieure, dans le cas du simple soutien d'un poids, est uniquement de la chaleur ; dans le cas de soulèvement, c'est du travail extérieur plus de la chaleur, comme on le verra plus loin.

VI. — Du muscle soutenant une charge a différentes hauteurs.

Dans le cas d'un moteur électrique, la dépense est indépendante de la hauteur à laquelle on soutient le poids ; il n'en est pas de même dans le cas du moteur à vapeur ou à eau, car alors les pertes par l'enveloppe ou les fissures sont d'autant plus importantes que le piston se trouve plus haut. Si, dans le cas du moteur électrique, la poulie sur laquelle s'enroule la corde soutenant le poids avait un rayon croissant avec l'enroulement, on aurait aussi une dépense d'autant plus grande que le poids serait soutenu plus haut.

Le muscle se comporte de la même façon ; pour un même poids, les combustions augmentent avec le degré du raccourcissement, et la solution du problème se trouve tout entière dans l'expérience de M. Chauveau que nous pouvons résumer ainsi :

Quand un muscle soutient un poids P *à diverses hauteurs, c'est-à-dire à divers degrés de raccourcissement, l'allongement par une certaine surcharge*

est toujours le même, quel que soit le raccourcissement.

Supposons que, pour une excitation neuromusculaire donnée, c'est-à-dire pour un travail physiologique déterminé, on soutienne un poids P avec un raccourcissement l du muscle. Ajoutons une surcharge pour faire disparaître le raccourcissement l; d'après l'énoncé que nous avons donné plus haut, cette surcharge doit être proportionnelle à l. Mais, d'après la première loi établie par M. Chauveau, elle doit aussi être proportionnelle à P; donc, elle est représentée par KPl.

A ce moment, le muscle contracté soutiendra un poids total $P(1+Kl)$ qui représentera son travail physiologique défini comme l'a fait M. Chauveau.

L'expérience prouve que, dans les divers cas de poids soutenu et de raccourcissement, cette formule donne un résultat proportionnel aux combustions mesurées par les échanges respiratoires.

L'expérience montre aussi, comme on pouvait s'y attendre, que toute l'énergie mise en jeu reparaît finalement sous forme de chaleur.

VII. — Du fonctionnement des machines motrices en général, a l'état dynamique.

Dans toute machine fournissant du travail extérieur, au moyen d'une dépense d'énergie, cette énergie n'est jamais totalement transformée en travail. On dit que la machine a un certain rendement. Ce rendement est généralement exprimé par le rapport entre le travail extérieur produit et l'énergie fournie au moteur.

Si, par exemple, pour 100 kilogrammètres dépensés dans un moteur, il n'en produit que 80, on dit que son rendement est de 80 °/₀ ou 0,80.

Considérons les divers moteurs dont il a été question plus haut. Quand un moteur électrique soulève un poids P et produit dans l'unité de temps un travail Ph, il faut que la source fournisse cette énergie Ph; mais, en plus, elle doit aussi livrer l'énergie dépensée dans les bobines sous forme de chaleur. De même, dans le moteur à vapeur ou à eau, il y aura une certaine perte par les joints, par la conductibilité ou par les pertes de charge dans les conduites.

En résumé, si la source d'énergie fournit 100 unités, par exemple, à un moteur quelconque ayant un rendement de 0,80, 80 de ces unités seront utilisées pour la production du travail extérieur, les 20 autres unités nécessitées par le fonctionnement même du moteur reparaîtront sous forme de chaleur. Aucun moteur n'a un rendement égal à l'unité.

Le muscle ne fait pas exception à cette règle; si l'on soulève un poids P, on constate que le muscle s'échauffe, ce qui prouve que les combustions intra-musculaires fournissent plus d'énergie qu'il n'en faut pour produire le travail extérieur Ph.

VIII. — Du rendement des machines motrices en général.

Voyons maintenant d'un peu plus près de quoi dépend ce rendement, et commençons par le moteur inanimé.

En premier lieu, dans l'unité de temps, outre le travail extérieur utile, ce moteur doit vaincre les frottements; il dépense pour cela une certaine quantité d'énergie. Il y a donc déjà dans le total une dépense de la source égale à $Ph + T_f$.

Nous avons maintenant les pertes dans le moteur, soit par l'effet Joule dans les bobines, soit par les fuites des joints ou la conductibilité. Ces pertes dépendent naturellement pour chaque machine des conditions de son fonctionnement, c'est-à-dire de sa vitesse et de la résistance à vaincre, poids à soulever et frottements. Elles seront donc représentées par une certaine fonction de v, P, f, variable avec le moteur. Il faudra, par conséquent, pour obtenir le travail extérieur Ph, fournir une quantité totale d'énergie Q telle que :

$$Q = Ph + T_f + F(v, P, f). \qquad (1)$$

Dans chaque cas, il y aura lieu de déterminer la fonction F.

Nous allons montrer, par exemple, comment cette formule générale s'applique aux récentes expériences de M. Chauveau sur un moteur électrique, et dans lesquelles nous trouvons une confirmation si remarquable de ces considérations [1].

M. Chauveau, à la suite de ses recherches, est arrivé à représenter la dépense de ce moteur par la formule suivante :

$$Q = Ph + Q_1 + Q_2 - Q_3.$$

Q_1 représente l'énergie à fournir au moteur lorsqu'il soutient simplement le poids P ;

Q_2 représente l'énergie à fournir au moteur lorsqu'il tourne à vide avec la même vitesse qu'en faisant le travail Ph;

Q_3 représente l'énergie nécessaire pour faire démarrer le moteur à vide.

Or, voici comment on peut arriver à ce résultat en partant de la formule (1) :

En développant le dernier terme par la formule de Maclaurin, elle prend, si l'on s'arrête aux termes du premier ordre, la forme :

$$Q = Ph + T_f + Av + BP + Cf + R.$$

[1] Je dois cette démonstration à mon camarade Carvallo, examinateur à l'École Polytechnique.

Négligeons le reste R; l'expérience nous montrera si cela est permis. Nous aurons alors :

$$Q = Ph + T_f + Av + BP + Cf. \qquad (2)$$

Si l'on se contente simplement de soutenir le poids en se plaçant à la limite où il commence à être entraîné, la formule (2) donne :

$$Q_1 = BP + Cf,$$

si Cf est le même pour le moteur chargé ou vide, ce qui est sensiblement vrai pour un moteur bien entretenu.

Si l'on fait tourner le moteur à vide à la vitesse v, on a :

$$Q_2 = T_f + Av + Cf.$$

Ici encore il faut admettre que T_f est le même pour le moteur chargé ou à vide, et que Cf a la même valeur à la vitesse v qu'à la vitesse 0.

Enfin, pour le démarrage à vide, on a :

$$Q_3 = Cf,$$

d'où l'on tire par addition et soustraction :

$$Q = Ph + Q_1 + Q_2 - Q_3, \qquad (3)$$

qui est la formule vérifiée par M. Chauveau sur le moteur électrique.

Je rappelle que cela suppose que l'on puisse négliger le terme R du développement en série. Les expériences de M. Chauveau montrent que cela est permis, tout au moins, dans le cas du moteur dont il se servait ; des recherches actuellement en cours l'autorisent à penser que cette loi est générale et que la formule (3) représente dans tous les cas la dépense des moteurs inanimés.

IX. — Du muscle a l'état dynamique.

Passons maintenant au muscle à l'état dynamique, élevant ou abaissant un poids P. Je me reporterai pour cela aux expériences de M. Chauveau résumées à la page 316 du *Journal de la Physiologie et de la Pathologie générale* (1900).

Il résulte de ces expériences que, si, pendant qu'un muscle élève ou abaisse un poids P, on lui ajoute une certaine surcharge ou si on lui enlève une certaine charge, *tout se passe comme si la force de soutien était augmentée à la montée et diminuée à la descente d'une même quantité proportionnelle à la vitesse du déplacement de* P.

Cette conclusion résulte de l'étude des allongements ou des rétractions du muscle au moment de la surcharge ou de la décharge.

Les forces qui agissent donc dans ces conditions et qui, suivant ce que nous avons vu précédemment, sont, dans les idées de M. Chauveau, proportionnelles au travail physiologique, sont exprimées par

A la montée . . . . $f + av$,
A la descente . . . . $f - av$,

f étant la force de soutien au moment de la charge ou de la décharge, c'est-à-dire correspondant à un poids P et un raccourcissement l du muscle ; av représente ce que M. Chauveau appelle la *force motrice*.

Nous savons que $f = P(1 + Kl)$.

M. Chauveau a montré, par l'étude des échanges respiratoires, que, dans tous les cas, à l'état statique comme à l'état dynamique, le travail physiologique mesuré par les combustions intra-musculaires est proportionnel à P; av doit donc contenir P en facteur. Nous avons alors comme représentation du travail physiologique à la montée et à la descente du poids P, par unité de temps et pour le raccourcissement l:

$$T = P(1 + Kl + nv);$$
$$T' = P(1 + Kl - nv).$$

Supposons que, pour passer d'une position initiale à une position finale avec une vitesse constante, il faille un temps θ; l ira en variant sans cesse, et le travail total sera :

$$T = P(1 + Kl')\theta + nPh;$$
$$T' = P(1 + Kl')\theta - nPh.$$

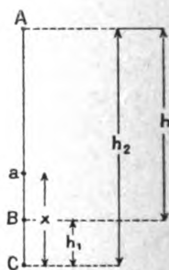


Fig. 1.

l' étant le raccourcissement moyen pendant le mouvement.

En effet, admettons que le mouvement se fasse de B en A (fig. 1), les raccourcissements étant comptés à partir de C. Pour une position A, on aura dans le temps dt :

$$Tdt = P(1 + Kx + nv)dt$$

et pour le passage de B en A :

$$\int_0^\theta Tdt = P\int_0^\theta (1 + Kx + nv)dt.$$

Mais:

$$vt = x; \qquad vdt = dx;$$

$$\int_0^\theta Tdt = P\int_{h_1}^{h_2} ndx + \frac{P}{v}\int_{h_1}^{h_2} (1 + Kx)dx;$$

$$T = nPh + \frac{P}{v}\left[h_2 - h_1 + \frac{K(h^2_2 - h^2_1)}{2}\right].$$

Or, on a :

$$v\theta = h \qquad \text{et} \qquad h = h_2 - h_1;$$

donc, finalement :

$$T = nPh + P\theta\left(1 + K\frac{h_1 + h_2}{2}\right),$$

qui est la formule donnée plus haut en posant $\frac{h^1 + h^2}{2} = l'$.

On a de même pour la descente la formule T'.

Retranchons les deux formules l'une de l'autre; il nous vient :

$$T - T' = 2nPh. \quad (1)$$

Or, il semble résulter de quelques expériences de M. Chauveau que $T - T' = 2Ph$; il faudrait en conclure $n = 1$.

Ces expériences demandent à être reprises; elles sont en nombre trop limité et exécutées avec des procédés qui ne comportent pas toute la précision désirable; admettons ce résultat provisoire, nous aurons alors :

Dans l'élévation du poids : $T = Ph + P(1 + Kl')\theta$ (2);
Dans l'abaissement : $T' = -Ph + P(1 + Kl')\theta$.

Examinons plus particulièrement la première de ces deux formules, qui correspond au travail positif et comparons-la à la formule établie pour les moteurs inanimés :

$$Q = Ph + Q_1 + Q_2 - Q_3.$$

Nous voyons immédiatement que, dans les deux cas, nous avons en commun le terme Ph, correspondant au travail extérieur fourni, et le terme correspondant au simple soutien du poids; d'un côté Q_1 de l'autre $P(1 + Kl')\theta$.

Mais il nous manque, dans l'expression de l'énergie nécessaire pour le soulèvement d'un poids par le muscle :

1° Le terme Q_3, correspondant aux résistances passives. Ceci ne doit pas nous étonner; ces résistances passives, telles que le frottement des articulations, ne doivent pas être très importantes, et l'on comprend qu'elles soient négligeables, étant donné le degré d'approximation de ce genre de recherches;

2° Le terme Q_2, qui dépend de la vitesse; ceci est plus important et demande une étude plus approfondie.

X. — De l'influence de la vitesse dans le travail du muscle.

Reprenons les deux formules donnant l'expression de l'énergie mise en jeu par le muscle dans l'élévation et dans l'abaissement du muscle, et appliquons-les au cas où l'on ferait, autour d'une position moyenne correspondant à un raccourcissement l', une série d'élévations et d'abaissements avec la même vitesse.

On dépenserait pour les élévations :

$$T = Ph + P(1 + Kl')\theta,$$

h étant la somme des soulèvements, θ la durée totale de tous ces soulèvements.

Pour les abaissements :

$$T' = -Ph + P(1 + Kl')\theta;$$

h et θ auraient les mêmes valeurs que précédemment.

Pour la dépense d'énergie totale pendant toute l'expérience :

$$T + T' = 2P(1 + Kl')\theta.$$

Comme la durée de cette expérience est 2θ, on voit que la dépense serait la même que si le poids P était soutenu pendant le même temps dans la position moyenne correspondant à l'.

Or, que donne l'expérience ?

Si les mouvements se font avec une extrême lenteur, cette règle se vérifie; mais la dépense devient de plus en plus forte à mesure que la vitesse augmente.

Nous devons en conclure que, dans nos formules, il manque un terme contenant cette vitesse.

Dans un premier Mémoire, M. Chauveau avait cherché à expliquer ces écarts en attribuant une certaine dépense aux terminaisons nerveuses motrices; mais, depuis ses recherches sur les moteurs inanimés, il a abandonné cette manière de voir.

A l'aide d'un dispositif nouveau, il a vu que ce déficit tient à l'absence d'un terme de vitesse, absolument pareil à celui que nous avons rencontré dans les moteurs inanimés; en l'introduisant dans la formule, elle prendrait la forme :

$$T = Ph + P(1 + Kl')\theta + F(v)$$

et serait alors absolument parallèle à celle qui a été établie expérimentalement sur le moteur électrique, à part le terme correspondant aux frottements.

La formule

$$Q = Ph + Q_1 + Q_2 - Q_3$$

serait donc générale.

Il y a lieu de se demander comment il se fait que ce terme de vitesse nous ait échappé lors de l'établissement des formules.

Cela a pu arriver en deux endroits :

1° Au point de départ, en prenant pour base les expériences de la page 136 du *Journal de Physiologie* (1900);

2° Au moment de la détermination du coefficient n.

Remarquons qu'une simple erreur sur n ne suffit pas pour expliquer cette lacune, car, quelle que soit cette valeur, au moment de l'élévation et de l'abaissement alternatifs du poids P, on a toujours :

$$T + T' = 2P(1 + Kl')\theta,$$

qui ne se vérifie pas pour toutes les vitesses.

Nous sommes ainsi amenés à penser que n n'a

pas, comme nous l'avions admis au début d'après les premières expériences très délicates de M. Chauveau, la même valeur à l'élévation qu'à l'abaissement.

On aurait alors :

$$T = P(1 + Kl')\theta + nPh \qquad (1)$$
$$T' = P(1 + Kl')\theta - n'Ph$$

En cherchant l'excès du travail positif sur le travail négatif, il en résulte :

$$T - T' = (n + n')Ph.$$

Comme plus haut, on en tirera, au moins approximativement :

$$n + n' = 2.$$

Or, nous avons tout lieu de penser, pour des raisons qu'il serait trop long de rapporter ici, que n est plus grand que n'; donc, on en conclut forcément n plus grand que 1 ; posons $n = 1 + \varepsilon$.

La formule (1) devient :

$$T = Ph + P(1 + Kl')\theta + \varepsilon Ph.$$

Si la vitesse du mouvement est v, nous pouvons écrire $h = v\,\theta$, et, en portant cette valeur dans le dernier terme de l'égalité précédente, nous aurons :

$$T = Ph + P(1 + Kl')\theta + \varepsilon Pv\theta,$$

qui rentre dans la formule générale de tous les moteurs.

Pour le travail négatif, comme $n' = 1 - \varepsilon$, on aurait :

$$T' = -Ph + P(1 + Kl')\theta + \varepsilon Pv\theta.$$

Dans ces conditions, l'énergie dépensée dans une série de mouvements alternatifs d'élévation et d'abaissement serait exprimée par :

$$T + T' = 2P(1 + Kl')\theta + 2\,\varepsilon Pv\theta,$$

et l'on voit qu'alors la vitesse avec laquelle les mouvements sont exécutés influe sur l'énergie dépensée dans un même temps.

XI. — De l'influence de la Vitesse sur le rendement des moteurs en général.

Reprenons la formule générale donnant dans l'unité de temps l'énergie nécessaire au soulèvement d'un poids, sous la forme (2) du paragraphe IX :

$$Q = Ph + T_f + Av + BP + Cf,$$

où v est, en réalité, égal à h. Soulevons le poids P pendant un temps t; nous aurons :

$$Qt = (Ph + T_f + Av)'t + (BP + Cf)t.$$

Si, en faisant varier la vitesse et le temps de l'opération, nous produisons toujours le même travail extérieur, c'est-à-dire si nous soulevons le poids toujours à la même hauteur, le terme $(Ph + T_f + Av)\,t$ est toujours le même ; désignons-le par M. L'expression de l'énergie dépensée par la source pour fournir ce même travail extérieur est alors :

$$Qt = M + (BP + Cf)t.$$

On voit que Qt croît sans cesse avec t, c'est-à-dire que la dépense est d'autant plus grande que l'opération dure plus longtemps. Nous arrivons donc à la conclusion suivante :

Quand on veut soulever un poids à une hauteur déterminée à l'aide d'une machine quelconque, l'opération est d'autant plus économique que l'on use d'une plus grande vitesse.

XII. — Conclusions.

Je viens d'exposer le résumé des idées servant de base aux travaux actuels de M. Chauveau, et de montrer dans quelle voie il est entré pour ses recherches sur le travail musculaire. Bien entendu, ces travaux sont loin d'être terminés; il reste encore beaucoup à faire ; je souhaite que cet article facilite la lecture des Mémoires qui paraîtront dans la suite.

Pendant longtemps, arrêté par les difficultés apparentes ou réelles des publications précédentes de M. Chauveau, j'avais douté qu'elles pussent jamais amener grand progrès. Je n'ai jamais caché ma manière de voir à cet égard; c'est ce qui me permet aujourd'hui, mieux informé, d'exprimer une opinion absolument opposée.

Les recherches entreprises jusqu'ici sur la Thermodynamique animale étaient mal engagées. Si, comme il y a lieu de l'espérer aujourd'hui, elles sont plus fructueuses dans l'avenir, c'est aux travaux de M. Chauveau que nous le devrons, c'est lui qui nous a ouvert le chemin de la vérité.

Dr G. Weiss,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Schœller (A.), *Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef-adjoint des Services commerciaux à la Cie du Chemin de fer du Nord*, et **Fleurquin** (A.), *Inspecteur des Services commerciaux à la même Cie*. — **Chemins de fer, Exploitation technique.** — 1 *vol. de* 403 *pages, avec* 109 *figures dans le texte; faisant partie de l*'Encyclopédie industrielle, *fondée par M. C. Léchalas.* (*Prix :* 12 *francs.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1902.

Les chemins de fer offrent un champ d'études pour ainsi dire indéfini, soit qu'on les envisage au point de vue purement technique de la construction, de l'établissement de la voie et du matériel, soit qu'on ait en vue l'exploitation technique, ou la mise en œuvre des rouages de cette énorme machine qu'est un chemin de fer, soit enfin qu'on s'attache à l'exploitation commerciale, c'est-à-dire aux moyens de faire fonctionner utilement cette machine. MM. Schœller et Fleurquin présentent aujourd'hui une étude concise et sommaire de l'exploitation technique, destinée surtout, ainsi qu'ils l'annoncent dans l'avant-propos, à préparer celle de l'exploitation commerciale. Ils se rendent bien compte que tout, dans un chemin de fer, doit assurer une bonne exploitation commerciale. Si intéressantes que soient les études techniques relatives aux voies ferrées, on peut dire qu'elles n'ont pas l'intérêt intrinsèque des études purement scientifiques, si elles ont une importance capitale comme moyen nécessaire pour arriver à une exploitation commerciale prospère.

A une bonne exploitation commerciale, conduite de manière à donner des résultats financiers satisfaisants, on oppose quelquefois la théorie des chemins de fer exploités à perte, mais produisant des bénéfices indirects par les grands avantages qu'ils donnent au pays. C'est une théorie extrêmement dangereuse : les transports constituent une industrie de même essence que les autres et qui doit donner des bénéfices, c'est-à-dire produire plus qu'elle ne consomme. Il n'y a pas de raison pour ne pas appliquer la théorie des avantages indirects à toutes les autres industries : il serait certainement très utile à tous les habitants d'un pays de se procurer au-dessous du prix de revient les divers objets dont ils ont besoin : mais, si l'on veut généraliser le système, l'absurdité en saute aux yeux[1].

Si un chemin de fer ne donne pas de bénéfices parce que les dépenses d'exploitation en sont trop élevées, il est évident qu'une réforme s'impose. Mais, si l'absence de bénéfice tient à l'insuffisance du trafic, où sont les services que rend un chemin de fer qui n'effectue pas de transports? On a établi un engin trop coûteux pour l'usage auquel il sert. Une grande usine se raccorde par rails au chemin de fer; mais une petite usine, qui n'a qu'un faible tonnage, se contente du camionnage, malgré son infériorité technique par rapport aux transports sur rails. Les chemins de fer publics devraient être traités comme les raccordements industriels.

Dans des pays nouveaux, des chemins de fer, improductifs en eux-mêmes, sont nécessaires pour la mise en valeur de vastes provinces ; mais, même dans ce cas, ils peuvent constituer une véritable entreprise industrielle, si l'on attribue au constructeur du chemin de fer une partie des terrains qu'il met en valeur.

Enfin, quelques personnes craignent qu'une exploitation commerciale trop bien entendue, au point de vue de l'entreprise même, ne soit menée au détriment des régions desservies. En général, cette crainte est mal fondée. D'abord, il est de l'intérêt même des chemins de fer, qui sont des entreprises de longue durée, de chercher à développer la prospérité des régions qu'ils desservent, au lieu de l'entraver. En outre, les chemins de fer sont loin d'être soustraits toujours et partout à l'action modératrice de la concurrence. Enfin, les cahiers des charges, les dispositions législatives, sont de nature à prévenir ou à corriger les abus. En fait, c'est souvent le chemin de fer plus que le public qui est opprimé.

On doit féliciter MM. Schœller et Fleurquin de la direction donnée à leur travail. A côté de l'exploitation technique proprement dite, c'est-à-dire de l'étude des procédés, il est nécessaire, dans bien des cas, de parler des appareils employés : c'est ce que font les auteurs, toujours avec concision. Ainsi qu'ils le font remarquer, une difficulté du sujet résulte de la multiplicité des méthodes employées par les différentes administrations : on ne peut guère louer sans réserve ni condamner certaines de ces méthodes, dont l'emploi se justifie dans chaque cas par les conditions locales. Mais cette difficulté existe dans toutes les études techniques, les solutions adoptées ne pouvant être partout les mêmes. Cela n'empêche pas d'établir des principes, qui doivent être logiquement combinés dans chaque cas. En matière de chemins de fer, il y a peut-être quelque tendance à exagérer cette difficulté, par suite de la crainte, chez les auteurs des études, de paraître critiquer leurs collègues.

Dans l'introduction de leur ouvrage, MM. Schœller et Fleurquin indiquent la division des services de deux grandes compagnies françaises, prises comme exemples. Le chapitre 1er est consacré au tracé du chemin de fer : un bon tracé est loin d'être uniquement une œuvre technique, car il doit être établi en tenant grand compte de la nature et des besoins de l'exploitation future. Agir autrement, c'est construire une usine sans s'inquiéter de ce qu'elle doit fabriquer. La question des largeurs diverses de voie est étudiée avec détail dans ce chapitre.

Le chapitre II est consacré à l'étude des dispositions essentielles des gares de diverse importance; le chapitre III, aux bifurcations et autres points spéciaux; le chapitre IV, aux embranchements particuliers, fort utiles non seulement aux industriels raccordés, mais aux administrations de chemins de fer, en soulageant leurs gares.

Le chapitre V étudie, avec quelque détail, le contact entre les lignes de largeurs de voie différentes.

Le chapitre VI traite, assez sommairement, de l'outillage mécanique des gares. Le chapitre VII est consacré aux signaux. Bien qu'assez développé, ce chapitre est loin de traiter complètement cette vaste question, un peu éloignée, du reste, de l'objet spécial que les

[1] La théorie des avantages indirects est résumée dans une anecdote relative aux chemins de fer et aux hôtels suisses, anecdote ancienne et antérieure à l'énorme mouvement de voyageurs, qui a pu changer les choses. Un touriste observateur, frappé de la grandeur d'hôtels qui ne servent que pendant quelques semaines chaque année, cherche à s'éclairer à ce sujet : on lui répond qu'en effet ces hôtels ne couvrent pas leurs frais, mais qu'ils sont subventionnés par les compagnies de chemins de fer, auxquelles ils procurent du trafic. Un peu plus tard, étendant son enquête aux chemins de fer, qui lui paraissent peu prospères, il apprend que les chemins de fer exploitent à perte, mais qu'ils ont pour actionnaires les hôteliers, auxquels ils amènent des voyageurs.

auteurs ne perdent jamais de vue. Cette question des signaux forme une branche bien spéciale de la technique des chemins de fer; dans certains cas, ils sont confiés à un service indépendant. Une étude fort intéressante serait la comparaison du *block system* automatique, à circuit électrique par les rails, fort usité aux Etats-Unis et qui commence à être essayé en Europe, avec les procédés ordinaires par postes en correspondance.

Le chapitre VIII est consacré au *mouvement*, c'est-à-dire aux règles du tracé de la marche des trains; le chapitre IX, à la circulation des trains; le chapitre X, à leur composition. La détermination des charges, en tenant compte des diverses résistances, est étudiée en détail dans ce chapitre.

Enfin, le chapitre XI dit quelques mots de la question complexe du chauffage et de l'éclairage des trains, et le chapitre XII, des applications diverses de l'électricité dans les gares.

En résumé, cet ouvrage concis est loin d'épuiser les matières nombreuses et importantes qui se rapportent à l'exploitation technique des chemins de fer, mais il répond bien au programme que se sont tracé les auteurs : préparer à l'étude de l'exploitation commerciale.

E. SAUVAGE,
Professeur à l'École des Mines.

2° Sciences physiques

Kayser (H.), *Professeur de Physique à l'Université de Bonn.* — **Handbuch der Spectroscopie** (*Zweiter Band*). — *1 vol in-8° de 696 pages avec 57 figures et 4 planches en héliogravure* (*Prix : 50 francs.*) *S. Hirzel, éditeur. Leipzig, 1902.*

Voici le tome second de l'œuvre magistrale à laquelle l'un des plus éminents spectroscopistes consacre la majeure partie de son temps, estimant servir ainsi la Science plus efficacement encore que par les recherches originales qui l'ont illustré déjà. Les physiciens, les astronomes, les chimistes devront savoir gré à M. Kayser d'avoir groupé en une synthèse des travaux dispersés dans d'innombrables Mémoires, dont une bibliographie scrupuleuse nous montre la diversité. Nous avons déjà donné ici [1] le plan d'ensemble de l'ouvrage et une indication de son premier volume, consacré surtout aux instruments et aux méthodes de mesure. Le tome suivant, que nous examinons, aborde plusieurs sujets qui sont à l'ordre du jour et touchent à la Physique générale; chacun est traité isolément et d'une manière complète.

Après avoir solidement établi dans le chapitre I, aux points de vue théorique et expérimental, les fondements de la loi de Kirchoff, toutes les conséquences de celle-ci, et les déterminations quantitatives récentes qui l'ont vérifiée, l'auteur traite, dans le chapitre II, la question des radiations des corps solides, la mesure de leurs intensités, la photométrie, la pyrométrie, la loi de Stefan, et la répartition de l'énergie dans le spectre. Il examine enfin les diverses formules proposées pour évaluer les intensités en fonction de la longueur d'onde et de la température; il montre qu'elles peuvent se rattacher à la loi de Wien et il compare leurs résultats.

Le chapitre III aborde le sujet, si étendu et si complexe, des radiations des gaz. Après quelques considérations sur les flammes et l'exposé des idées nouvelles sur leur ionisation, l'auteur étudie les décharges électriques dans les gaz, et se range à l'opinion d'après laquelle les radiations lumineuses émises par ceux-ci seraient dues, en majeure partie, à la luminescence; il donne pour criterium de la distinction entre les radiations régulières et la luminescence le fait que celle-ci ne suit pas la loi de Kirchoff, et, par suite, donne naissance à une lumière plus vive qu'un corps noir porté à la même température. Les différentes hypothèses sur l'origine des vibrations éthériques, source des longueurs d'onde des raies, sont ensuite passées en revue; citons cette conclusion de Larmor : « Que les λ des radiations lumineuses doivent avoir environ 10^3 fois les dimensions linéaires de la molécule vibrante ». Vient ensuite une énumération, réunie pour la première fois, des substances présentant les phénomènes de luminescence par seule action mécanique.

Le chapitre IV traite d'abord des spectres des composés et M. Kayser émet, en passant, le regret, que nous partageons avec lui, de voir à peu près abandonnée l'étude des spectres de bandes dus aux molécules non décomposés et dont les conditions de production sont mal connues : « Il y a là, dit-il, un champ de recherches fertile encore pour des années, et pour de nombreux observateurs ». Il passe ensuite aux spectres multiples d'un même corps, et attire l'attention sur la distinction fondamentale, récemment mise en lumière, entre les spectres de lignes et les spectres de bandes : les raies des spectres de lignes sont reportées vers le rouge par un accroissement de pression, et subissent, d'autre part, des dédoublements variés dans un champ magnétique (phénomène de Zeeman), tandis qu'au contraire, ces actions sont sans effet sur les spectres de bandes qui, dans les deux cas, restent inaltérés, les spectres de lignes étant attribuables à l'atome et ceux de bandes à la molécule. Vient ensuite l'examen critique des vues sur la dissociation des éléments, et notamment sur les théories de Lockyer. On trouvera là un exposé très complet des conceptions actuelles que l'analyse spectrale nous permet de former sur la constitution des corps que nous appelons « simples ». Nous devons conclure, par exemple, de l'expérience de Zeeman comme de la théorie de Lorentz qui l'a inspirée, que toutes les raies produites par des particules de même nature doivent être modifiées ou renversées, ou dédoublées, exactement de la même manière; dès que deux raies se comportent différemment dans le champ magnétique, elles ne peuvent plus provenir des mêmes particules. Toutes les apparences observées paraissent concorder avec l'idée de Lockyer [1] de la divisibilité des atomes en parties plus petites et différentes, dont les mouvements vibratoires seraient l'origine de chaque série particulière de raies spectrales. Mais il ne nous est pas possible, en restant sur le terrain positif de la science actuelle, d'établir déjà, directement, que les produits ultimes de dissociation des éléments sont identiques, et que les différences d'agencement de cette matière unique donnent naissance à ce que nous considérons comme des éléments. Ce substratum matériel unique constituerait, suivant J.-J. Thomson, le véhicule de l'électricité dans les rayons cathodiques. Chemin faisant, et lorsque l'occasion s'en présente, M. Kayser nous fait connaître plusieurs de ses observations inédites, parmi lesquelles nous citerons ce fait que les bandes diffuses telles que les bandes orangées et vertes de la chaux ont pu être résolues par lui, à l'aide d'un puissant réseau, en paires de lignes excessivement fines. Il donne aussi quelques conseils sur l'examen des fonds continus des spectres qui seraient dus, soit aux oxydes stables des métaux, soit à la complexité des molécules formées par les métalloïdes non dissociés.

Nous trouvons dans le chapitre V l'exposé des modifications subies par les spectres sous l'influence des variations de pression, de température, et de nature de la décharge. Comme dans le chapitre VI, consacré à l'aspect des raies spectrales envisagées séparément, cette partie de l'ouvrage a un caractère plus spécialement expérimental; on y trouvera dans le plus grand détail les observations faites sur les apparences des raies et les variations ou le renversement de celles-ci dans les différentes conditions. Des exemples judi-

[1] *Revue gén. des Sciences*, 11e année, n° 24, 30 décembre 1900, p. 1347.

[1] Voir Sir NORMAN LOCKYER : *Inorganic Evolution*, London.

cieusement choisis, complétés par les superbes planches en héliogravure qui terminent le volume, permettront de retrouver facilement, pour la pratique des recherches ou pour l'enseignement, tous les types caractéristiques de raies et les singularités qu'elles peuvent présenter.

Une monographie étendue du principe de Doppler et des questions s'y rattachant, forme le chapitre VII, et a été confiée à l'un des disciples du Professeur Kayser, le Dr H. Konen, de Bonn. Celui-ci a traité la question au point de vue de la Mécanique rationnelle avec les développements analytiques qu'elle comporte, sans négliger néanmoins la partie astronomique ni les recherches acoustiques ou optiques qui en ont été les conséquences.

Les lois de la répartition des lignes dans les spectres forment le sujet du chapitre VIII. Ce fut l'objet principal des recherches poursuivies de 1888 à 1895, par M. Kayser, en collaboration avec M. C. Runge, travaux qui ont fait époque dans la Science. Afin d'établir une base certaine et précise pour leurs recherches numériques, MM. Kayser et Runge s'étaient donné la tâche considérable de reprendre, au moyen du réseau de Rowland, la mesure des lignes de tous les corps simples, dans les spectres d'arc, ceux-ci ayant été choisis comme plus comparables que ceux de l'étincelle qui dépendent un peu de la construction de la bobine. Les résultats d'ensemble de leurs recherches sur les séries de raies sont donnés ici pour la première fois dans un travail synthétique et véritablement original, qui constitue, au point de vue documentaire, la partie la plus importante du volume. On trouvera là, pour chaque corps où des séries ont été reconnues, la comparaison des valeurs mesurées avec celles calculées, soit par la formule à trois termes de MM. Kayser et Runge, soit par la formule de M. Rydberg, plus générale, plus philosophique, mais qui paraît à l'auteur offrir un accord moins parfait que la sienne avec les données de l'expérience. Citons parmi les types les plus intéressants, fournis par les recherches de MM. Runge et Paschen, l'hélium aux multiples séries, les spectres secondaires, si curieux, de l'oxygène, du soufre, du sélénium, etc... L'étude se termine par les homologies entre les spectres des divers corps simples, et les relations entre la classification de ceux-ci et les propriétés de leurs séries spectrales.

Le dernier chapitre traite des vibrations de la lumière dans le champ magnétique et a été confié au Professeur C. Runge, à qui ses récents travaux avec M. Paschen sur la décomposition des séries de lignes par le phénomène de Zeeman donnent une compétence toute particulière pour traiter ce sujet ; il l'envisage au point de vue des méthodes de recherches, puis par rapport à la théorie des électrons, donnant un exposé mathématique des conceptions de A. Lorentz et de Larmor. Il termine en présentant les résultats déjà si intéressants qui ont jeté un jour nouveau sur la constitution des spectres et sur la nature des séries.

On voit donc toute l'importance de cet ouvrage, qui vient apporter des vues d'ensemble sur une science nouvelle et sur les parties de la Physique avoisinantes, ainsi que des résultats inédits. C'est une œuvre de premier ordre et de haute portée.

A. de Gramont,
Docteur ès sciences.

Ostwald (W.), *Professeur de Chimie à l'Université de Leipzig*. — **Lehrbuch der allgemeinen Chemie.** (*Traité de Chimie générale*). — 2e *édition, tome* II, 2e *partie* : **Verwandschaftslehre** (*Affinité chimique*). — 1 *vol. grand in*-8° *de* 1188 *pages*. (*Prix* : 36 *fr*.25.) *W. Engelmann, éditeur. Leipzig*, 1896-1902.

Bien que l'excellent ouvrage de M. Ostwald sur la Chimie physique soit actuellement dans toutes les bibliothèques des chimistes qui suivent avec quelque intérêt les progrès de cette branche de la Science, il convient de signaler ici l'apparition de la dernière livraison relative au sujet particulièrement nouveau exposé sous le titre général d'*Affinité chimique*.

Dans ses grandes lignes, le plan est celui qu'avait déjà adopté M. Ostwald dans la première édition de son *Traité de Chimie générale*. Mais la matière en a été complètement remaniée, et cela en raison même des progrès incessants réalisés depuis 1887, à tel point que les questions étudiées alors en un texte d'environ 200 pages, occupent, dans la deuxième édition, près de 1200 pages.

L'ouvrage débute par un exposé historique des plus suggestifs : 200 pages sur les travaux et doctrines concernant l'affinité chimique ; on peut ainsi suivre pas à pas le développement de la pensée contemporaine sur cette intéressante matière et se rendre compte de la contribution importante que les Anciens ont apportée à nos conceptions modernes, alors même que celles-ci, basées sur les principes de la Thermodynamique, se distinguent aujourd'hui par une précision et une netteté qui ont toujours fait défaut aux conceptions antérieures.

Si le sujet a gagné en précision, principalement à la suite des travaux de Berthelot, de Guldberg et Waage, de Van't Hoff et de Gibbs, il faut reconnaître, d'autre part, qu'il est devenu singulièrement ardu. Aujourd'hui, il ne peut être abordé avec fruit qu'en s'appuyant sur des connaissances solides en Thermodynamique ; il comporte, en outre, des méthodes graphiques représentatives d'un premier aspect rébarbatif, et cependant indispensables pour assimiler complètement les résultats de tous les travaux récents sur ces sujets au point de vue didactique. C'est évidemment là une ombre au tableau. Tant que l'on n'aura pas trouvé une façon plus simple d'exposer ces questions, si intéressantes en elles-mêmes, il est à craindre que les doctrines relatives à l'affinité chimique restent l'apanage d'un petit nombre d'initiés et que la majorité des chimistes ne puisse en tirer tout le profit que l'on est certainement en droit d'en attendre.

Nous nous empressons d'ajouter que ce n'est point là une critique au mode d'exposition choisi par le savant professeur de Leipzig. Bien au contraire, par un labeur patient auquel on ne saurait assez rendre justice, il a groupé d'une façon très heureuse tout un ensemble de travaux et de données publiés sous des formes fort différentes, souvent même avec des notations spéciales, de telle sorte que l'unité entre ces divers travaux échappait facilement à première lecture.

Après l'exposé historique, l'auteur subdivise son sujet en quatre chapitres principaux : le premier (100 pages) traite de la Cinétique chimique, c'est-à-dire des vitesses des réactions ; les trois suivants sont consacrés à l'étude des équilibres chimiques. Les théorèmes fondamentaux et les équilibres dits « du premier ordre » font l'objet du second chapitre (180 pages). Le troisième est réservé à l'étude des équilibres du deuxième ordre (450 pages environ), subdivisée elle-même en quatre parties relatives aux cas des gaz, des liquides, des solides en présence des liquides et des cas plus complexes. Enfin le quatrième chapitre traite des équilibres du troisième ordre. Les équilibres d'ordre supérieur sont, pour le moment, laissés de côté, nos connaissances scientifiques sur ce sujet étant encore trop restreintes.

On voit par là que le sujet de l'affinité chimique n'est traité que dans ses parties les mieux étudiées. M. Ostwald annonce, d'ailleurs, la publication de nouveaux fascicules, dans lesquels il abordera plus spécialement les solutions solides, les mélanges isomorphes et les cristaux enantiomorphes, les équilibres électrochimiques et la catalyse, toutes questions qui se rattachent évidemment au grand sujet de l'affinité chimique, et feront de la seconde partie du *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* une œuvre des plus importantes de notre temps.

Philippe-A. Guye,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Bateson (W). — **Mendel's Principles of Heredity.** — *1 vol. in-8° de 212 pages, avec un portrait de Mendel. (Prix: 5 fr.) University Press. Cambridge*, 1902.

Une partie de ce livre est formée par une excellente traduction des deux travaux de Mendel sur les Pois, Haricots et *Hieracium*, accompagnée d'une Notice biographique et d'un beau portrait de Mendel.

Une deuxième partie, intitulée : « Les Problèmes de l'Hérédité et leur solution », a été écrite en 1900, sous forme de conférence à la Société Royale d'Horticulture, immédiatement après la redécouverte de Mendel; elle résume d'une façon très claire l'œuvre du grand biologiste en la comparant surtout à la loi empirique de Galton. M. Bateson propose quelques néologismes intéressants : soit A et B les caractères correspondants de deux variétés α et β; si l'on croise entre elles deux plantes α, dont les gamètes portent naturellement le caractère pur A, on aura un zygote de formule AA, ou *homozygote*; au contraire, une fécondation hybride entre α et β donnera un zygote de formule A B ou *hétérozygote*. On sait que Mendel a démontré que les deux modes d'un même caractère considéré chez deux formes voisines, constituent une paire, dont l'un des deux membres prend toujours le dessus sur l'autre (caractère dominant et caractère dominé), par exemple la pilosité et l'absence de poils chez les *Lychnis*, le mode de locomotion normal et la valse des Souris, la pigmentation et l'albinisme chez les mêmes, etc. Ces caractères se dissocient chez les hétérozygotes lors de la formation des gamètes, de sorte qu'il n'y a pas d'état mixte, stable, entre les deux caractères de la paire: M. Bateson appelle *allélomorphes* les caractères-unités qui présentent ces propriétés. Il suppose qu'il existe des allélomorphes *composés* (ce qu'on pourrait appeler aussi des caractères unis par corrélation), qui se transmettent d'habitude sous leur état composé, mais qui sont capables, dans certaines fécondations hybrides, de se séparer en leurs caractères constitutifs, dont chacun peut alors se transmettre séparément: ces derniers seront des *hypallélomorphes*.

Une troisième partie du livre est consacrée à la critique d'un travail de Weldon sur les principes mendéliens. Weldon a publié dans *Biometrika* un résumé assez incomplet des expériences de Mendel, et il émet l'opinion que toute recherche basée sur la méthode mendélienne est viciée par l'omission des lignées ancestrales; M. Bateson montre, par une critique très serrée, que Weldon ne paraît pas avoir bien compris les idées de Mendel, qui n'a jamais prétendu trouver une loi générale de l'hérédité, mais bien une loi particulière, parfaitement exacte pour les objets auxquels elle s'applique. Il est tout à fait impossible d'analyser cette critique, qui ne peut être appréciée que dans l'original.

Les biologistes qui s'occupent d'hérédité liront avec intérêt cet excellent livre, écrit avec la clarté et la conscience habituelles aux travaux de M. Bateson; les lecteurs de langue anglaise lui sauront un gré particulier de sa traduction des Mémoires de Mendel, publiés originairement dans un recueil local qu'il est à peu près impossible de se procurer. L. Cuénot,

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Sciences médicales

Sersiron (Dr G.). — **Moyens pratiques pour placer un tuberculeux,** *avec la carte de l'armement antituberculeux, par le* Pr Landouzy *et le* Dr Sersiron. — *1 broch. de 46 pages avec carte. C. Naud. Paris*, 1902.

Ce petit livre contient la liste et la carte des œuvres philanthropiques et des sanatoria payants. Il est destiné à éclairer et à guider les personnes qui ont à placer les malheureux menacés ou atteints de la tuberculose. Bien souvent on ignore quelles sont les démarches à faire, à qui écrire, ou s'adresser. La présente publication tend à répondre à ces questions.

Pouchet (G.), *Professeur de Pharmacologie et de Matière médicale à la Faculté de Médecine de Paris.* — **Leçons de Pharmacodynamie et de Matière médicale,** 3e *série :* **Antipyrétiques et Antithermiques analgésiques (Quinquinas et leurs alcaloïdes).** — *1 vol. in-8° de 365 pages, avec 33 figures dans le texte. (Prix : 8 francs.) O. Doin, éditeur. Paris*, 1902.

Ce volume, qui contient la suite des leçons de Pharmacodynamie, par lesquelles le professeur de Pharmacologie de la Faculté de Médecine de Paris a voulu doter la Science française d'une œuvre magistrale, mise au point des acquisitions les plus récentes de la Pharmacodynamie et de la Matière médicale, constitue probablement la monographie la plus complète relative au quinquina et à ses alcaloïdes.

La méthode est identique à celle qu'avait suivie l'auteur dans les volumes précédents, consacrés, nous le rappelons, à l'étude des hypnotiques et des modificateurs intellectuels; mais il s'en faut que les conclusions soient d'une aussi éclatante netteté. L'action de la quinine est loin d'être élucidée dans tous ses détails avec une rigueur définitive; tout au plus, dans le complexus des réactions pharmacodynamiques d'origine quinique, peut-on en distinguer un certain nombre (sédation du rythme des contractions cardiaques, modération dans la production de la chaleur animale, diminution de la combustion des éléments organiques et de la dénutrition cellulaire) qui donnent une explication satisfaisante de quelques résultats thérapeutiques. Mais, que d'obscurités quant à l'action antiseptique vraie sur les éléments figurés des infections (hématozoaire paludique excepté), quant à l'action « antagonistique » sur les produits solubles des dits éléments, quant à l'action paradoxale inhibitrice de la vie leucocytaire opposée à l'influence favorable sur nombre d'infections, quant à l'influence heureuse exercée par la quinine dans tous les cas de périodisme! Ces questions, actuellement insolubles, nous font toucher du doigt que nous sommes à peine sortis, en ce qui concerne cette drogue, de la période empirique. La Thérapeutique, ici, demeure un « art » teinté de science, et l'auteur, tout le premier, en convient : « C'est précisément dans le fait de distinguer les indications relatives à l'emploi de chacune de ces substances médicamenteuses, que réside cet *art thérapeutique* qui fait que, dans certaines circonstances, on obtient d'excellents résultats avec tel ou tel médicament de préférence à un autre. »

Deux leçons entières sont consacrées à une étude très documentée du paludisme. On y trouvera les recherches les plus récentes de Celli relatives aux toxines malariennes et aux essais d'immunisation paludique (ils sont jusqu'ici négatifs).

L'auteur, en terminant, revendique, et avec combien de raison, une plus large place dans la Thérapeutique pour les préparations de quinquina en nature, qu'ont fait trop oublier les sels quiniques d'une part, et les préparations de kola d'autre part. Fonssagrives écrivait déjà, il y a quelques années : « On peut certainement affirmer que l'adoption à peu près exclusive de la quinine pour l'usage thérapeutique et l'oubli des services qu'a rendus jadis le quinquina, entre les mains des Sydenham, des Morton, des Torti, etc., constituent une erreur et une injustice de la Pharmacologie contemporaine. Il est arrivé, pour le quinquina, ce qu'on a constaté pour l'opium : on a oublié ces médicaments composés, ces thériaques naturelles, pour se servir uniquement d'un de leurs alcaloïdes les plus saillants, quinine d'un côté, morphine de l'autre ; et, si le quinquina ne figurait en quantité habituellement insignifiante dans les vins amers que prescrit la routine et dont la spéculation multiplie abusément les formules, ce quinquina n'appartiendrait plus guère qu'à l'histoire naturelle médicale. » On ne saurait mieux dire et trop le déplorer.

Dr Alfred Martinet,

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 *Janvier* 1903.

L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, la liste suivante de candidats : *a*) pour la chaire d'Anatomie comparée du Muséum : 1° M. **Edmond Perrier**; 2° M. **H.-P. Gervais**; *b*) pour la place de directeur de l'Observatoire de Besançon : 1° M. **Lebeuf**; 2° M. **Féraud**. — M. **Bornet** lit une notice sur la vie et les travaux de Sirodot, correspondant décédé de la Section de Botanique.

1° Sciences mathématiques. — M. P. **Liouville** communique de nouvelles recherches sur la réductibilité des équations différentielles. — M. A. **Korn** généralise la notion de fonctions universelles du plan en l'étendant aux surfaces de Riemann. — M. C. **Guichard** démontre que, si deux surfaces se correspondent avec parallélisme des plans tangents et conservation des aires, la droite qui joint les points correspondants décrit une congruence de Ribaucour; le lieu du milieu des segments formés par les points correspondants décrit la surface moyenne de cette congruence. — M. P. **Duhem** signale quelques formules de Cinématique utiles dans la théorie générale de l'Elasticité.

2° Sciences physiques. — M. Th. **Tommasina** a constaté l'existence d'un champ tournant électromagnétique, produit par une modification hélicoïdale des stratifications dans un tube à air raréfié. — M. A. **Brochet** a reconnu que la réduction électrolytique du chlorate de potassium, observée par MM. Bancroft et Burrows, est le résultat d'une réaction secondaire anormale : l'action intermédiaire du cuivre métallique sur le chlorate de cuivre; le chlorate de potassium, lui-même, est irréductible. — MM. **Berthelot** et **Gaudechon** ont étudié, au point de vue thermochimique, la quinine et la quinidine et leurs sels. La quinine, au point de vue de son énergie alcaline, est comparable aux alcalis minéraux proprement dits; elle tendrait à partager les acides avec eux si son insolubilité n'en déterminait l'élimination au sein des dissolutions. La quinidine, isomère de la quinine, a la même fonction, la même chaleur de formation et les mêmes chaleurs de neutralisation. — M. F. **Bodroux**, en laissant s'oxyder à l'air les dérivés organo-magnésiens aromatiques RMgBr, a obtenu des composés ROMgBr, qui sont ensuite détruits par HCl avec formation de phénols R.OH. L'auteur a ainsi préparé le phénol, les crésols, l'hydroquinone. — MM. L. **Bouveault** et A. **Wahl**, en traitant par l'acide nitrique fumant le malonate acide d'éthyle, ont obtenu du dinitroacétate d'éthyle, liquide incolore, $d=1,369$, doué de propriétés acides très énergiques, donnant un sel de potassium. — MM. E. **Charabot** et A. **Hébert** ont reconnu que l'addition au sol d'un sel minéral a pour effet d'accélérer la diminution de la proportion d'eau chez la plante. Ce sont les nitrates qui favorisent le plus la perte d'eau; viennent ensuite les sulfates, les chlorures, puis le phosphate disodique. — M. H. **Pottevin** a contrôlé par une série d'expériences la loi de Fischer, qu'il énonce ainsi : Chaque diastase limite son action aux dérivés d'un même sucre, et, parmi ceux-ci, aux homologues d'une même série α ou β. — M. A. **Trillat** a reconnu que le vieillissement du vin correspond à une oxydation anormale des alcools du vin, c'est-à-dire à la formation d'aldéhydes, à leur acétalisation et à leur éthérification. Sous l'influence de certaines maladies, la proportion d'aldéhydes augmente : selon les circonstances, elles forment une combinaison insoluble avec la matière colorante du vin ou sont résinifiées par les sels minéraux du vin.

3° Sciences naturelles. — M. L. **Camus** a constaté que l'extrait alcoolique de Ksopo (ou Tanghin de Menabe) est un poison violent, notablement plus toxique chez le chien que chez le lapin. Chez ces animaux, comme chez la grenouille, l'action toxique se manifeste d'une façon prédominante sur le système nerveux et sur le cœur. — MM. A. **Chatin** et S. **Nicolau** ont observé que l'arc au fer a une puissance bactéricide 20 fois supérieure à celle de l'arc au charbon pour le staphylocoque doré, 15 fois pour le pyocyanique, 12 fois pour le colibacille, 8, 4 fois pour le bacille de Koch et 16 fois pour le bacille de Lœffler. — MM. C. **Delezenne** et H. **Mouton** ont obtenu d'un certain nombre de Basidiomycètes des extraits qui, ajoutés à des sucs pancréatiques totalement inactifs vis-à-vis de l'albumine, sont capables de leur conférer un pouvoir digestif des plus évidents. — M. R. **Dubois** a constaté que les perles du *Mytilus gallo-provincialis*, comme celles du *Mytilus edulis*, sont produites par un distome parasite; il y a toutefois encore lieu de faire des réserves sur la généralité de la théorie parasitaire de la formation des perles. — M. P.-A. **Dangeard** formule ainsi les lois du cloisonnement : 1° L'axe nucléaire se place perpendiculairement à l'axe cellulaire ou au plan cellulaire s'il en existe un; 2° le plan de division passe par l'axe ou le plan cellulaire; ceux-ci sont déterminés par la morphologie générale de la cellule et la position de ses éléments permanents. Ces lois primitives se sont trouvées modifiées par l'apparition d'une membrane ou d'une enveloppe inextensible : les lois d'Hertwig et de Pfluger ne sont que l'expression de cette modification. — M. L. **Cayeux** a reconnu l'existence du Crétacé inférieur en Argolide; il a trouvé aux environs de Nauplie l'Hauterivien à Céphalopodes et le Barrémien. — M. E. **Rivière** a observé de nouveaux dessins d'animaux, peints ou gravés, sur les parois de la grotte de la Mouthe. — M. H. **Moissan** a déterminé la composition de la matière colorante noire employée pour l'exécution des dessins ci-dessus; c'est de l'oxyde de manganèse.

Séance du 26 *Janvier* 1903.

La Commission spéciale présente la liste suivante de candidats à la place d'académicien libre laissée vacante par le décès de M. Damour : 1° M. **Léon Labbé**; 2° M. J. **Tannery**; 3° MM. J. **Carpentier** et N. **Gréhant**.

1° Sciences mathématiques. — M. P. **Painlevé** démontre à nouveau que le mode de réductibilité des équations différentielles introduit par M. Liouville n'échappe pas au théorème de M. Drach. — M. Ch. **Riquier** montre que, dans les systèmes différentiels réguliers, la recherche d'intégrales répondant à des conditions initiales données se ramène à une semblable recherche successivement exécutée dans divers systèmes simples. — M. P. **Appell** indique un certain nombre de formules relatives aux fonctions et vecteurs de point dépendant des dérivées premières de la vitesse dans le mouvement d'un fluide. — M. T. **Levi-Civita** étudie la condition du choc dans le problème restreint des trois corps; elle est uniforme, au sens de M. Poincaré; elle est même algébrique par rapport aux vitesses. — M. H. **Deslandres** communique les principaux résultats obtenus à Meudon en 1902 dans la mesure de la vitesse radiale des étoiles. Les causes d'erreur sont nombreuses : 1° défauts optiques et mécaniques de la lunette; 2° mauvaise position relative de l'objectif, des sources terrestres et du spectrographe ; 3° variation du

spectrographe pendant la pose; 4° conduite mauvaise de l'étoile sur la fente et mauvais état de l'atmosphère. — M. **Perrotin** signale la découverte de deux comètes à l'Observatoire de Nice; l'une paraît nouvelle; l'autre est peut-être la comète Tempel-Swift dont on attend le retour. — MM. **P. Brück** et **P. Chofardet** communiquent leurs observations de la comète Giacobini, faites à l'Observatoire de Besançon, et les éléments qu'ils ont calculés.

2° Sciences physiques. — M. **J. Boussinesq** donne une théorie de l'absorption de la lumière par les cristaux symétriques. — M. **H. Becquerel** a mis en évidence, par un dispositif plus simple et plus rigoureux que celui de M. Rutherford, le fait que le rayonnement très absorbable du radium (rayons α) est très faiblement déviable par un champ magnétique intense et rejeté en sens contraire de la déviation des rayons cathodiques. D'autres expériences tendent à indiquer l'existence d'une déviabilité du même ordre pour les rayons du polonium. — M **P. Curie** a constaté que la loi de la disparition de l'activité induite par le radium dans une enceinte fermée est encore la même lorsque l'enceinte, au lieu de rester à la température ambiante, est maintenue à 450° ou à — 180°. L'auteur ne pense pas que l'émanation radio-active soit de nature matérielle. — M. **G. Lippmann** propose l'emploi d'un fil télégraphique pour l'inscription des tremblements de terre et la mesure de leur vitesse de propagation. — MM. **Berthelot** et **Gaudechon** ont étudié, au point de vue thermochimique, la cinchonine, la cinchonidine et la cinchonamine. La cinchonine paraît être une base un peu plus faible que la quinine. La cinchonidine se rapproche de la cinchonine, et la cinchonamine de la quinine. — M. **Léon Guillet** classe ainsi les aciers au nickel, au point de vue micrographique: 1° de 0 à 10 °/₀ de Ni, aciers semblables aux aciers ordinaires; 2° de 10 à 15 °/₀ de Ni, aciers très durs, formés de martensite et de ferrite; 3° de 15 à 21 °/₀ de Ni, aciers très durs, formés surtout de martensite et d'un peu de fer γ; 4° de 21 à 27 °/₀ de Ni, aciers à dureté atténuée, formés de martensite et de fer γ en assez grande quantité; 5° à plus de 27 °/₀ de Ni, aciers à basse limite élastique. — M. **A. Hollard** a reconnu que, dans l'électrolyse des solutions plombiques, il se dépose à l'anode, outre le bioxyde PbO^2, des oxydes plus oxygénés que PbO^2; la proportion de ces oxydes supérieurs est d'autant plus grande que la concentration du plomb dans le bain est plus petite. Le nickel et le bismuth forment aussi des peroxydes électrolytiques. — M. **P. Lebeau** démontre l'existence de trois siliciures de manganèse $Si\,Mn^2$, $Si\,Mn$ et $Si^2\,Mn$. Pour obtenir les composés persiliciés, qui sont les plus dissociables, il ne suffit pas de se trouver en présence de silicium libre, mais il faut encore que ce silicium ait une certaine concentration dans le mélange. — M. **C. Marie** a reconnu que la méthyléthylcétone ne fournit pas avec H^3PO^2 l'acide dicétonique correspondant à l'acide dioxyisopropylhypophosphoreux; on obtient simplement l'acide monocétonique $PO^2H^2.CH^3COC^2H^5$, et par oxydation l'acide oxyphosphinique $PO^3H^2.CH^3COC^2H^5$. — M. **P. Brenans** a obtenu un nouveau phénol diiodé-1 : 3 : 5 en partant de l'*o*-nitraniline diiodée-1 : 2 : 4 : 6 et en passant par le nitrobenzène diiodé-1 : 3 : 5 et l'aniline diiodée-1 : 3 : 5. — MM. **J. Minguin** et **Grégoire de Bollemont** ont déterminé le pouvoir rotatoire des éthers homologues du bornéol, de l'isobornéol et de l'acide camphocarbonique. Une même fraction du poids moléculaire de ces éthers, dissoute dans un même volume d'un dissolvant, donne au polarimètre une déviation sensiblement constante. Les légers écarts constatés proviennent de la formation d'isomères dans l'éthérification. — MM. **A. Seyewetz** et **P. Trawitz** ont étudié la chloruration des carbures aromatiques substitués par le chlorure plombique ammoniacal; la présence de groupes nitrés semble empêcher la chloruration. — M. **E.-E. Blaise**, en condensant le cyanacétate d'éthyle sodé avec l'éther tiglique d'une part, et avec son isomère l'éther angélique d'autre part, a obtenu un seul et même acide $\alpha\beta$-diméthylglutarique, F. 82° environ. — M. **J. Hamonet**: Préparation et propriétés de l'hexanediol-1 : 6 ou glycol hexaméthylénique (voir p. 109).

3° Sciences naturelles. — M. **Marage** a constaté que les vibrations sonores, en arrivant au tympan, communiquent à l'étrier des vibrations qui sont au plus de l'ordre du millième de millimètre; ces déplacements, transmis par la périlymphe, impriment au sac endolymphatique des variations de pression qui sont groupées comme les tracés des vibrations qui arrivent au tympan. — M. **N.-A. Barbieri** conclut de ses recherches que les nerfs jouent un rôle considérable et actif dans l'évolution morphologique et dans l'évolution chimique de tous les tissus. — Le Prince **Albert I de Monaco** signale les résultats de la quatrième campagne scientifique de la *Princesse Alice* en Méditerranée et Atlantique nord. — M. **Paul Dop** a reconnu, par l'étude du développement du sac embryonnaire des Asclépiadées, que la symétrie de celui-ci n'est qu'apparente; en effet, les antipodes ne sont pas comparables entre eux. Cette famille présente la double fécondation de l'oosphère et du noyau secondaire du sac. — M. **A. Guilliermond** a observé que l'épiplasme des Ascomycètes renferme une grande quantité de corpuscules métachromatiques et que ces derniers paraissent être entièrement absorbés par les spores en même temps que le glycogène. — M. **A. Lacroix** décrit les éruptions de nuages denses de la Montagne Pelée. Ces nuages, formés de cendres, ont une température supérieure à 125° et inférieure à 230° à leur arrivée au bord de la mer. — M. **M. Leriche** établit, par ses études sur le gisement de grès à nummulites de Bois-Mirand (Aisne), l'existence d'une communication directe entre les bassins parisien et belge à l'époque yprésienne. — MM. **L. Duparc** et **L. Loup** ont trouvé, dans l'erratique des environs de Genève, des euphotides à chloritoïde, provenant sans doute des Alpes valaisanes. — M[lle] **V. Dervis** a étudié les laccolithes du flanc nord de la chaîne du Caucase; ils proviennent soit de soulèvements simultanés du Crétacé et du Tertiaire, soit de soulèvements des roches tertiaires seules, soit de soulèvements d'abord concordants, avec ruptures subséquentes, puis de soulèvements partiels. — M. **Ed. Piette** a découvert, dans la grotte du Mas-d'Azil, la représentation d'un être probablement imaginaire, ayant une attitude humaine. — MM. **A.** et **Ch. Cotte** ont mis à jour, aux environs de Châteauneuf-les-Martigues, une grotte ossuaire à incinération renfermant des ossements et des poteries.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 20 Janvier 1903.

L'Académie procède à l'élection d'un membre titulaire dans la Section d'Anatomie et Physiologie. M. **E. Gley** est élu par 44 voix contre 37 à M. Reynier.

L'Académie discute ensuite la liste qui lui a été présentée des maladies à déclaration obligatoire et à déclaration facultative. Après vote, la pneumonie et la broncho-pneumonie sont placées dans la catégorie des maladies à déclaration facultative; le reste de la liste que nous avons donnée à la page 107 est adopté.

Séance du 27 Janvier 1903.

M. **J.-V. Laborde** présente le Rapport de la Commission chargée d'établir la liste des essences les plus dangereuses qui entrent dans la composition des liqueurs livrées à la consommation publique et pouvant être l'objet, soit d'une proscription absolue, soit d'une réglementation spéciale. Ce Rapport place dans la première catégorie les essences: d'absinthe grande et petite, de génépi, d'hysope, de badiane, d'angusture, de reine des prés, de wintergreen-gaultheria, de noyaux et d'amandes amères, de rue; dans la seconde catégorie, les essences: de menthe, de sauge, de mélisse, de thym, d'origan, de fenouil, d'anis, de coriandre,

de cumin, de baies de genièvre, de muscade, de laurier, d'aloès, de girofle, de balsamite, de calamus, de colombo, d'arnica, de santal, de cardamone, de macis. Le Rapport insiste sur la nécessité de l'interdiction de la fabrication de l'essence d'absinthe, de toutes la plus dangereuse. — M. **Hervieux** signale la nécessité urgente d'appliquer la vaccine obligatoire à l'Indo-Chine française.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 10 *Janvier* 1903.

M. **L. Capitan** lit le discours qu'il a prononcé aux obsèques de M. Hénocque, au nom de la Société.

M. **P. Mégnin**, à propos de la note de M. Motas sur la piroplasmose du mouton, ne pense pas que les femelles d'Ixodes soient les agents naturels de transmission de la maladie; ce sont plutôt des Diptères piquants. — MM. **A. Ruffer** et **Crendiropoulo** ont préparé un sérum hémolytique pour les globules rouges humains en injectant à diverses reprises sous la peau du lapin de l'urine d'un homme sain. — M. **A. Giard** rappelle les idées de Lamarck sur la métamorphose. — M. **F. de Lapersonne** a constaté que, dans les lésions syphilitiques récentes du segment postérieur de l'œil, portant surtout sur le nerf optique, il se produit une réaction méningée assez intense, qui n'est indiquée par aucun signe clinique, mais qui se traduit par une lymphocytose très marquée du liquide céphalo-rachidien. — M. **N. Gréhant** a observé sur des chiens astreints à respirer de l'air renfermant 1 °/₀ de CO que la proportion d'oxyde de carbone dans le sang va en augmentant, tandis que le pouvoir absorbant de ce liquide pour l'oxygène, ou capacité respiratoire, va en diminuant. Le rapport de ces deux quantités constitue le coefficient d'empoisonnement. — M. **M. Nicloux** indique un procédé simple pour l'extraction de l'oxyde de carbone du sang coagulé. — MM. **Lacassagne, E. Martin** et **M. Nicloux** ont fait l'analyse des gaz du sang dans deux cas d'intoxication mortelle par l'oxyde de carbone. Dans un cas, 1/3 de l'hémoglobine était encore disponible pour la fixation de l'oxygène. — M. **L. Camus** conclut de ses recherches que la prosécrétine est un produit de la vitalité propre de certaines parties de la muqueuse intestinale. — MM. **H. Carré** et **H. Vallée** montrent que, si la toxicité d'un sérum n'est pas le seul fait de son pouvoir globulicide, elle relève presque entièrement, au moins en ce qui a trait aux accidents immédiats, de l'action de l'alexine sur l'organisme et surtout de la macrocytase. — MM. **P.-E. Launois** et **P. Roy** ont reconnu que l'état de développement plus ou moins complet des glandes génitales mâles influe directement sur la croissance du squelette, en particulier sur celle des membres inférieurs. Dans le cas d'arrêt du développement génital, la croissance exagérée et disproportionnée des membres se fait par le moyen d'un retard anormal dans l'ossification des cartilages juxta-épiphysaires. — M. **Em. Thiercelin** a observé que l'entérocoque présente, quand on modifie la composition du milieu où il pousse, des formes extrêmement variables : microcoques, bacilles, bactéries. — MM. **C. Delezenne** et **H. Mouton** : Sur la présence d'une kinase dans certains champignons basidiomycètes (voir p. 159). — M. **L. Lapicque** pense qu'il est préférable de rechercher la relation de la longueur de l'intestin avec la longueur de l'animal, et non avec le poids, qui est exprimé par le cube d'une longueur — M. **O. Josué** montre que l'injection d'adrénaline dans les veines détermine la vaso-constriction en dehors de toute intervention des centres moteurs. — M. **L. Petit** signale de nouveaux procédés de coloration du liège par l'alkanna et de la cellulose par les sels métalliques. — MM. **Ribadeau-Dumas** et **Lecène** ont obtenu une hypoglobulie et une leucocytose constantes après la néphrectomie ou la ligature des pédicules rénaux. — MM. **F. Bezançon, V. Griffon** et **Philibert** communiquent un procédé simple et rapide de recherche du bacille tuberculeux dans le sang par homogénisation du caillot. — MM. **P. Marie** et **G. Guillain** admettent que, chez l'homme, un grand nombre des fibres constitutives des pédoncules cérébelleux supérieurs proviennent du noyau rouge et se rendent au noyau dentelé du cervelet du côté opposé. — Les mêmes auteurs proposent une méthode nouvelle de mensuration des atrophies du névraxe. — M. **J. Noé** a déterminé la résistance du hérisson à l'atropine. La dose mortelle minima est comprise entre 0,360 gr. et 0,415 gr. — MM. **E. Hédon** et **C. Fleig** ont étudié l'action du chloralose sur quelques réflexes respiratoires. — M. **E. Maurel** a observé que, d'une manière constante, les adultes ont, par kilogramme de leur poids, une quantité de foie moindre que les jeunes. Pour la même espèce animale, la quantité de foie par kilog est d'autant plus élevée que l'animal est plus petit. La proportion de foie par kilog varie avec la nature de l'alimentation. Le rapport du poids du foie à la surface de l'animal reste constant pour une espèce donnée, quel que soit l'âge, sauf dans la toute première période de la vie. Ce rapport peut varier suivant la nature de l'alimentation. — M. **A. Brissemoret** admet que le groupement fonctionnel cétone-quinonique est réellement eccoproticophore (purgatif). — M. **G. Carrière** montre que le signe de Kernig ne peut servir pour différencier chez l'enfant la fièvre typhoïde de la méningite tuberculeuse ou cérébro-spinale. — MM. **P. Carnot** et **P. Josserand** ont reconnu que la traversée du muscle paraît suffire pour neutraliser, en partie, l'action de l'adrénaline; cette neutralisation est beaucoup plus nette encore lorsque le muscle a été préalablement soumis à un certain travail. — M. **G. Loisel** a étudié les phénomènes de conjugaison et les causes de sénescence chez les Protozoaires. — MM. **Dopter** et **G. Gouraud** montrent que l'empoisonnement complexe provoqué par l'insuffisance rénale amène, du côté des leucocytes, une réaction intense, comparable en tous points à celle qui accompagne les intoxications connues par poisons. Elle est une confirmation du rôle de défense du globule blanc.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 *Janvier* 1903.

La Société compose ainsi son Bureau pour l'année 1903 :

Président : M. **C. Gariel**;
Vice-président : M. **A. d'Arsonval**;
Secrétaire général : M. **H. Abraham** ;
Vice-secrétaire : M. **J. Lemoine**.

M. **Ch. Féry** a étudié le *rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes*. L'extension si considérable prise durant ces dernières années par l'éclairage à incandescence par le gaz rend particulièrement intéressante l'étude du rayonnement calorifique et lumineux des oxydes employés dans ce but comme radiateurs. Le rendement optique d'une substance est, en effet, mesuré par le rapport de l'énergie calorifique émise sous forme lumineuse à l'énergie totale rayonnée. La mesure de la chaleur totale rayonnée a été effectuée au moyen d'une lunette spéciale à objectif en fluorine, matière dont l'absorption pour les rayons obscurs est très faible. Le réticule de la lunette est formé par deux fils (fer et constantan) de $0^{mm},003$, constituant un couple thermo-électrique de très faible masse. Des dispositifs spéciaux rendent les indications du galvanomètre à cadre mobile relié à la lunette indépendantes des dimensions et de la distance du corps rayonnant. Le rayonnement lumineux a été obtenu photométriquement par comparaison de l'éclat du corps à celui d'un fil de lampe à incandescence préalablement étalonnée et dont on faisait varier le régime. Les mesures ont eu lieu pour la longueur d'onde $0\mu,562$. *Résultats généraux :* 1° Quelques oxydes suivent les lois de Stefan et de Wien, mais la loi est plus compliquée pour la plupart.

Certains présentent des points singuliers indiquant des variations brusques de constitution physique ou chimique, car la *nature oxydante ou réductrice de la flamme* peut, à la même température, faire varier les pouvoirs émissifs dans des limites très étendues. 2° Tous les mélanges sanctionnés par la pratique renferment deux oxydes : l'un, servant de *support*, a un faible pouvoir émissif; l'autre, servant de corps *radiant* ajouté en faible proportion, est noir. L'oxyde de cérium employé comme oxyde radiant dans le mélange Auer *devient noir à haute température* et en flamme réductrice, condition réalisée dans les brûleurs industriels. Ce rôle défini des deux oxydes dans le mélange permet d'expliquer les proportions strictes à employer pour obtenir un bon résultat. 3° Le dispositif employé pour la mesure des rayonnements calorifiques réalise un excellent pyromètre, permettant de mesurer les températures inaccessibles par les procédés directs. Il a permis, en particulier, de déterminer le point d'ébullition du cuivre : 2.100°, et la température du cratère de l'arc électrique. — **M. Arnoux** rappelle devant la Société les analogies générales des phénomènes magnétiques et des phénomènes élastiques. L'auteur insiste notamment sur la forme des courbes de première aimantation et des courbes cycliques d'hystérésis du fer. Il montre ensuite à la Société des courbes d'allongement en fonction de la tension qu'il a relevées sur un échantillon de caoutchouc et dans lesquelles, pour les forces croissantes comme pour les forces décroissantes, on retrouve toutes les particularités des courbes magnétiques.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences physiques.

W. A. Tilden : Les chaleurs spécifiques des métaux et le rapport de la chaleur spécifique au poids atomique. — L'auteur a obtenu les valeurs suivantes pour les chaleurs spécifiques de l'aluminium, du nickel, du cobalt, de l'argent et du platine purs, entre les différentes limites de température indiquées :

Tableau I. — *Chaleurs spécifiques de divers métaux.*

CENTIGRADE	ALUMINIUM	NICKEL	COBALT	ARGENT	PLATINE
—182° à +15°	0,1677	0,0838	0,0822	0,0519	0,0292
— 78 +18	0,1984	0,0975	0,0939	0,0550	»
+ 15 100	»	0,1084	0,1030	0,0558	0,0315
15 185	0,2189	0,1101	0,1047	0,0561	»
15 335	0,2247	»	»	»	»
15 350	»	0,1186	0,1087	0,0576	»
15 415	»	0,1227	»	»	»
15 435	0,2356	0,1240	0,1147	0,0581	0,0338
15 550	»	0,1240	0,1209	»	»
15 630	»	0,1246	0,1234	»	»
0 1.000	»	»	»	»	0,0377
0 1.177	»	»	»	»	0,0388

De ces résultats on a calculé les chaleurs spécifiques aux températures successives de l'échelle absolue, et on s'est aperçu que l'hypothèse d'une chaleur atomique constante au zéro absolu est insoutenable.

On a trouvé, pour la chaleur spécifique moyenne d'un échantillon d'acier nickelé contenant 36 °/₀ de nickel et ayant une très faible dilatation, les valeurs suivantes :

DEGRÉS de température	CHALEUR SPÉCIFIQUE moyenne
—182° à +15°	0,0947
15° à 100°	0,1204
15° à 360°	0,1245
15° à 600°	0,1258

On a aussi déterminé les chaleurs spécifiques moyennes des sulfures de nickel et d'argent dans le but de rechercher la cause de la différence observée entre les deux métaux au point de vue de l'influence de la température sur leurs chaleurs spécifiques respectives. Voici les valeurs obtenues :

DEGRÉS DE TEMPÉRATURE	NiS	Ag^2S
—182° à +15°	0,0972	0,0568
15° à 100°	0,1248	0,0737
15° à 324°	0,1333	0,0903

La valeur moyenne pour la chaleur spécifique du sulfure d'argent est moindre que celle pour le sulfure de nickel dans toute la série; mais il n'est pas possible de déduire grand'chose des résultats, tant que l'influence de la température sur la chaleur spécifique du soufre n'est pas connue.

2° Sciences naturelles.

Alice Lee, Marie A. Levenz et K. Pearson : Sur la corrélation des caractères mentaux et physiques chez l'homme (II). — Voici les conclusions du second mémoire des auteurs sur ce sujet :

Afin de combattre une objection qui s'était élevée lors de la discussion du premier mémoire, on a cherché les corrélations suivantes pour les gradués de Cambridge entre :

1° L'intelligence et le rapport $\frac{\text{longueur de la tête}}{\text{taille}}$,

2° — — $\frac{\text{largeur de la tête}}{\text{taille}}$;

ces deux résultats ont paru plus petits que les corrélations de l'intelligence et des mesures absolues de la tête. On a trouvé que la corrélation entre la hauteur auriculaire et l'intelligence chez les garçons des écoles est imperceptible. L'existence, admise par MM. Vaschide et Pelletier, d'une corrélation dans ce cas, semble être basée sur des observations insuffisantes et sur une méthode défectueuse.

Les corrélations entre l'intelligence et 1° l'énergie d'une secousse, 2° l'énergie d'un serrement de main, 3° la bonne vue, sont toutes négatives, c'est dire que les intellectuels ont moins de force et une plus courte vue que la moyenne des hommes; mais, ici encore, toutes ces valeurs sont moindres que les erreurs probables; par conséquent, on ne peut attacher d'importance à aucune d'elles individuellement.

La corrélation entre l'intelligence et le poids est à peine plus grande que l'erreur probable.

Les corrélations de l'intelligence avec :

(1) le rapport $\frac{\text{poids}}{\text{taille}}$,

(2) — $\frac{\text{poids}}{(\text{taille})^2}$,

(3) — $\frac{\text{poids}}{(\text{taille})^3}$,

ont été trouvées indirectement par des formules, et la première a été aussi trouvée directement; ici encore, les résultats sont du même caractère insignifiant que lorsqu'on emploie des mesures absolues.

En réunissant les résultats des calculs basés sur les mesures de Cambridge, on arrive à la conclusion que les intellectuels sont un peu plus lourds, ont des têtes un peu plus longues et plus larges, ne sont pas tout à fait aussi grands ou aussi forts que les hommes ordinaires et ont la vue un peu plus courte.

Dans aucun cas cependant, la corrélation n'est assez grande pour permettre de grouper les intellectuels en une classe différenciée au point de vue physique, ou de prédire la capacité intellectuelle des caractères physiques de l'individu.

Dans les mesures prises à l'école, on a recherché le rapport entre l'énergie, la santé et l'intelligence; on a

trouvé qu'il existe une corrélation sensible, mais pas très marquée, entre la bonne santé et l'intelligence; une corrélation marquée (0,4570) entre la bonne santé et l'énergie, et une corrélation de 0,2133 entre l'intelligence et l'énergie. Ainsi, tandis que les intelligents sont à peine mieux portants, les hommes forts sont notablement mieux portants, et sont considérablement plus intelligents que les hommes faibles.

On a trouvé aussi que les hommes forts sont les plus populaires et les plus bruyants, et ont plutôt un tempérament vif que sombre.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION CANADIENNE

Séance du 18 Décembre 1902.

M. G. Archbold montre que l'emploi grandissant du maïs et d'autres céréales pour la fabrication de l'amidon en élève chaque jour le prix et qu'il y a lieu de chercher d'autres matières premières. Il propose l'emploi des racines de cassava (*manihot*), qui contiennent en moyenne 25 °/₀ d'amidon de bonne qualité, soit 5.600 livres par acre, ce qui met le prix de revient de la livre d'amidon non manufacturé à 0 fr. 25, tandis qu'il est triple pour l'amidon de maïs et décuple pour l'amidon de pomme de terre. L'amidon de cassava est déjà préparé en Floride par trois compagnies. Les racines sont lavées, puis râpées et désintégrées; la pulpe tombe dans un séparateur et l'amidon est entraîné par un courant d'eau. Il est ensuite purifié par un nouveau procédé, séché et coupé en blocs. La pulpe, traitée par l'acide chlorhydrique, donne du glucose.

SECTION DE LONDRES

Séance du 8 Janvier 1903.

M. J. Lewkowitsch a étudié l'hydrolyse des huiles et des graisses au moyen de l'acide chlorhydrique dilué. Cette hydrolyse n'est pas complète, même après 24 heures d'ébullition; pour l'huile de castor, elle est même très faible. Elle est légèrement accélérée par l'addition d'un à deux pour cent d'acides gras ou d'autres substances catalysatrices. Il ne paraît guère possible de baser un procédé de saponification sur l'hydrolyse acide. Avec l'enzyme du foie, l'auteur n'a obtenu qu'une hydrolyse de 3 °/₀; mais, s'il était possible d'obtenir une émulsion permanente et complète des graisses, les résultats seraient probablement supérieurs.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 9 Janvier 1903.

MM. J. Hubner et **W.-J. Pope** ont étudié l'influence de certains réactifs sur la tension de rupture et les propriétés colorantes des fils de coton. L'ébullition avec l'eau, puis avec une solution de carbonate de soude à 1 ou 15 °/₀, augmente considérablement la résistance à la rupture d'un fil de coton brut. La tension de rupture d'un fil est directement proportionnelle à la torsion des fibres élémentaires; elle est plus élevée pour un fil très court que pour un long fil. L'action pendant un jour d'une solution de NaOH ($d=1,342$) augmente beaucoup la tension de rupture; l'action prolongée pendant six jours est à peu près identique. Les solutions d'iodure de potassium produisent une augmentation analogue au bout d'un jour; mais, si leur action se prolonge, la tension de rupture s'abaisse jusqu'à redevenir la même qu'avant tout traitement. Les autres iodures agissent d'une façon analogue. L'augmentation de tension de rupture résultant de la mercerisation et du traitement aux iodures s'accompagne d'un accroissement d'affinité pour les couleurs directes, mais non pour les couleurs basiques. L'ébullition avec l'eau du coton mercerisé continue à accroître l'affinité pour les couleurs directes et diminue l'affinité pour les couleurs basiques. M. — **Ch.-H.-G. Sprankling** a constaté que le jus de la canne à sucre à l'état brut est une substance excessivement instable qui, dès sa préparation, subit une fermentation alcoolique et acétique; ce fait paraît provenir de la présence de levures et de *Mycoderma aceti* dans les tissus mêmes de la canne. L'addition de phénol au jus brut empêche principalement la fermentation alcoolique; il se produit une forte hydrolyse, accusée par l'augmentation du glucose. Le jus rendu alcalin par la chaux reste inaltéré pendant quelques jours, puis subit rapidement l'hydrolyse.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 17 Décembre 1902.

M. E. A. Lewis a étudié au microscope les effets du recuit sur un barreau de métal Muntz. Ce métal se compose de deux constituants : une solution solide de Cu-Zn dans le cuivre (Cu-Zn + xCu) et une solution solide de Cu-Zn dans un composé contenant une forte proportion de zinc, ce qu'on peut représenter par (Cu-Zn + xZn). Le meilleur recuit est obtenu par un chauffage de quatre heures à une température ne dépassant pas 550° C. Un recuit de sept heures à 600° produit une structure grossière; un chauffage de sept heures à 700° brûle le métal.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 6 Novembre 1902.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. S. Kantor** : 1° Sur une nouvelle classe de groupes mixtes et une question sur les transformations birationnelles; 2° Nouvelles bases pour la théorie et le développement ultérieur des groupes de fonctions de Lie; 3° Les groupes de fonctions par rapport à une forme de quotient différentiel bilinéaire alternante. — **M. V. Weiss** : Construction d'une relation quadratique entre deux champs de points plans à l'aide de sept paires de points correspondants. — **MM. K. Exner** et **W. Villiger** : Sur le phénomène newtonien de la scintillation (I).

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **MM. J. Herzig** et **F. Wenzel** ont préparé une triméthylphloroglucine non symétrique, à laquelle ils assignent la formule d'un 1 : 3 : 3-triméthylphlorodiol-4-one. Ce corps et ses éthers offrent une grande analogie avec l'acide filicique et ses éthers. — **M. R. Clauser** : Contribution à l'étude de la catéchine.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. G. Geyer** communique les recherches géologiques qu'il a effectuées pendant le percement du tunnel de Bosruck.

Séance du 13 Novembre 1902.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. O. Biermann** : Sur les discriminants d'une équation de transformation qui intervient dans la théorie des fonctions doublement périodiques (III). — **M. F. Hasenöhrl** a cherché à déduire les équations du champ électro-magnétique dans un corps en mouvement sans l'hypothèse des ions. L'hypothèse fondamentale est que l'éther de l'Univers pénètre la matière sans participer à son mouvement, mais que, cependant, la modification de l'éther que la matière provoque par son action sur celui-ci dans les phénomènes électriques se meut avec la matière. Le résultat est un système d'équations qui concorde, à l'exception de quelques grandeurs négligeables d'ordre élevé, avec celles que Lorentz a déduites de l'hypothèse des ions.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. E. von Schweidler** communique le résultat de ses recherches sur l'électricité atmosphérique en 1902 sur le Mattsee. La dispersion a présenté une période diurne, avec un maximum dans les premières heures de l'après-midi. Le rapport q des deux dispersions présente aussi une période diurne. Il ne paraît pas y avoir de rapport entre la chute de potentiel et la dispersion.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. C. Doelter** a étudié au

point de vue géologique les environs de Monzoni. Il y a trouvé, à côté d'un grand nombre de roches diverses, de la monzonite plus basique que celle de Predazzo.

Séance du 20 Novembre 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. J. **Holetschek** a étudié les rapports apparents entre les latitudes périhéliques héliocentriques et les distances périhéliques des comètes. De l'observation de 355 comètes, il résulte : 1° que des distances périhéliques très faibles ($q < 0,3$) sont associées presque exclusivement à de fortes latitudes périhéliques australes (de — 30° à — 90°); 2° que des distances périhéliques plus grandes (de 0,3 à 0,8) s'associent principalement à des latitudes périhéliques boréales (surtout de + 30° à + 90°); 3° enfin que des distances périhéliques plus fortes encore ($q > 1$) sont associées généralement avec de faibles latitudes périhéliques boréales ou australes (0° à + 30° et 0° à — 30°).

2° Sciences physiques. — M. H. **Mache** rappelle que lorsqu'un mélange gazeux détonant traverse une toile métallique avec une vitesse u (u étant plus petit que c, la vitesse d'explosion du gaz), si l'on allume le mélange, la surface de combustion s'approche d'abord de la toile avec la vitesse $c - u$ jusqu'à une certaine distance où elle s'arrête. Ce fait provient de ce qu'une partie de la chaleur employée à l'échauffement du gaz est perdue par la toile métallique, ce qui diminue la vitesse d'explosion. L'auteur trouve que la distance d à laquelle la perte de chaleur par la toile métallique est assez forte pour faire tomber la vitesse d'explosion du gaz au-dessous de sa vitesse d'écoulement est donnée par la formule :

$$d = \frac{a}{c} \log \text{nat} \frac{2 - \frac{u}{c}}{1 - \frac{u}{c}},$$

où a représente la conductibilité calorifique du gaz tonnant. — M. H. **Ehrenhaft** a déterminé les constantes diélectriques de mélanges variés d'hexane et d'acétone ; les résultats obtenus ne s'accordent qu'incomplètement avec les diverses lois de mélanges. — M. H. **Steindler** a mesuré les coefficients de température de quelques éléments de pile composés de charbon, iode et divers métaux (Hg, Cd, Ag, Al, Zn et Mg).

3° Sciences naturelles. — M. F. **Steindachner** a déterminé un certain nombre d'espèces nouvelles de Poissons recueillies par l'Expédition autrichienne dans le sud de l'Arabie et à Socotora. Ce sont les suivantes : *Gerres socotranus*, *Chaetodon trifasciatus*, *Sciaena heinii*, *Salarias simonyi*, *Pseudoscasus arabicus*, *Exococtus socotranus*. — M. R. **von Guttenberg** a observé que les cellules à cristaux de la feuille du *Citrus* sont d'origine sous-épidermique, mais qu'en croissant elles se glissent entre les cellules épidermiques jusqu'à atteindre les couches cuticulaires. — M. F. **von Höhnel** décrit un grand nombre de genres et espèces nouveaux de champignons découverts, en ces dernières années, en Autriche-Hongrie. — M. F. **Kossmat** communique les observations géologiques faites au cours du percement du tunnel de Wocheimer. — M. V. **Uhlig** : Une faune inframiocène du charbon brun de Teplitz.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Novembre-Décembre 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. **Millosevich** présente ses observations et ses calculs de l'orbite de la petite planète JL 1902 (Venetia), et ses observations sur les comètes 1902 B Perrine et 1902 D Giacobini. — M. **Capelli** s'occupe des relations algébriques qui existent entre les fonctions têta d'une variable, et du théorème d'addition. — M. **Nicoletti** étudie les propriétés arithmétiques des fonctions analytiques.

2° Sciences physiques. — M. **Guglielmo**, dans un premier mémoire, indique deux manières de déterminer le rayon de courbure des surfaces du tranchant dans les couteaux des balances et des pendules. Dans un second travail, il s'occupe d'un moyen facile pour agiter un liquide dans un récipient fermé, et il décrit une modification à apporter au thermocalorimètre. — M. **Magini** décrit les modifications qu'il a apportées à l'usage du réseau de Rowland, pour étudier le spectre ultra-violet. — M. **Helbig**, en poursuivant ses recherches sur les produits nitreux que l'on obtient en faisant passer une série de décharges électriques dans l'air liquide, a étudié l'action de l'ozone sur ces oxydes de l'azote. — M. **Bellucci** décrit les expériences qu'il a exécutées pour démontrer l'existence de l'acide monochloroplatinique $[PtCl(OH)^5]H^2$. — M. **Zanetti**, en déterminant la composition de la bile de plusieurs poissons de mer (*Xiphias gladius*, *Orcynus thynnus*, *Polyprion cernium*, *Cerna gigas*), a reconnu que, à l'inverse de ce qui est admis dans les traités de Chimie physiologique, dans les acides biliaires le potassium n'a pas la prédominance sur le sodium.

3° Sciences naturelles. — M. **Artini** donne la description de quelques minéraux qui se trouvent dans le granit de Baveno. — M. **Rosati** s'occupe de la composition de deux échantillons de roches à glaucophane, qui proviennent de la plaine de la Mussa, près des Alpes. — M. **Lovisato** décrit un échantillon de bournonite, de la mine Argentiera della Nurra, à Porto-Torres en Sardaigne, qui renferme de l'or en petite quantité. — M. **Gortani** donne des informations sur la découverte d'un calcaire à *Fusulinæ*, près de Forni Avoltri, dans la haute Carnie occidentale, découverte qui vient élargir la zone de la formation carbonifère dans les Alpes carniques. — M. **Bosco** étudie les restes fossiles d'un castor quaternaire, trouvés à proximité du torrent Maspino, près d'Arezzo. — M. **Pampaloni** classe les restes organiques qui existent dans le disodile de Melilli, en Sicile, roche bitumineuse analogue au disodile de Bavière et de l'Auvergne. — M. **Gaglio** a produit, à l'aide d'injections de cocaïne, l'anesthésie du labyrinthe des oreilles chez le requin (*Scyllium catulus*), et parle des troubles moteurs qui suivent ces injections. — M. **Bordi** communique à l'Académie un travail sur la systématique des Culicides, où il indique les espèces qui, dans les divers pays, contribuent à la diffusion de l'infection paludéenne.

Séances de Janvier 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Riccò** indique l'état des travaux pour la photographie du ciel, exécutés à la Station internationale de l'Observatoire de Catane. — M. **Pascal** s'occupe du problème de réduction de Pfaff et de Jacobi, dans le cas du second ordre. — M. **Frattini** étudie un groupe continu de transformations. — M. **Picciati** étudie un champ électromagnétique engendré par une charge électrique en mouvement circulaire uniforme.

2° Sciences physiques. — M. **Chistoni** donne les résultats de ses recherches pyrhéliométriques exécutées à Corleto en 1898. — MM. **Plancher** et **Cattadori**, en oxydant le diméthylpyrrol asymétrique, ont obtenu la méthylmaléinimide; ce fait concorde avec l'hypothèse que l'hémoglobine et la chlorophylle sont des dérivés complexes du pyrrol. — M. **Oddo** démontre la convenance d'adopter l'emploi de quelques anhydrides et chlorhydrates pour le dosage alcalimétrique. — M. **Zambiasi** a imaginé une disposition pour obtenir des figures analogues à celles de Lissajous, mais pour trois sons, dont il combine optiquement les mouvements vibratoires. Cette disposition ouvre la voie à de nouvelles recherches et à des applications pratiques.

3° Sciences naturelles. — M. **Inghilleri** étudie le microbe de la *peste rouge* des anguilles et ses propriétés pathogéniques.

Ernesto Mancini.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 4 28 FÉVRIER 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Election à l'Académie des Sciences. — Le lundi 16 février dernier, l'Académie a procédé à l'élection d'un Correspondant dans sa Section de Physique, en remplacement de l'éminent savant américain Rowland, récemment décédé.

Au premier tour de scrutin, M. R. Benoît, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, a été élu par 38 suffrages contre 3 accordés à M. E. Mathias, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse, et 1 à M. Macé de Lépinay, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Marseille.

M. R. Benoît a, comme on sait, personnellement apporté à la Physique générale et, plus particulièrement encore, à la Métrologie des contributions de premier ordre. Sous sa direction, le Bureau international des Poids et Mesures a réalisé une série continue de travaux dont les résultats comptent parmi les plus importants de la Physique. Les études métrologiques qu'il y a systématiquement organisées n'ont pas seulement fourni au gros problème de la détermination des mesures des solutions d'une rigueur aussi précieuse qu'inespérée; en introduisant la recherche de l'extrême précision dans le domaine entier de la Physique, elles ont, pour une large part, concouru à la rénovation de cette science. Personne n'ignore plus aujourd'hui l'importance qu'offre, par exemple, pour les théories de l'Optique et de l'Electricité, la fixation des dernières décimales quand il s'agit de la distribution des raies spectrales ou de la vitesse de la lumière. Mais il y a plus : pour atteindre la précision expérimentale qu'exigent les déterminations métrologiques, le recours à de nouvelles méthodes s'imposait, et de nouveaux procédés d'exploration de la matière ont été inventés, qui, appliqués en diverses branches de la Physique, y ont manifesté leur fécondité. M. Benoît est l'un des savants qui ont le plus fait pour cette grande œuvre du progrès de la correction expérimentale et du perfectionnement général de la Physique par voie de précision, et c'est ce long et fructueux labeur que l'Académie a entendu récompenser et honorer en appelant à elle l'éminent directeur du Pavillon de Breteuil.

Médaille P.-P. Dehérain. — Les confrères, les amis et les élèves de M. P.-P. Dehérain, membre de l'Institut, récemment décédé, viennent de former, sous la présidence de M. H. Moissan, un Comité composé de MM. Barbet, Brouardel, Duflocq, Guyard, L. Maquenne, L. Olivier, H. de Parville, L. Passy, Edm. Perrier, Prillieux, Sagnier, Trouard-Riolle, P. Masson et Demoussy.

Ce Comité a décidé d'ouvrir une souscription pour faire graver une médaille qui perpétuera le souvenir des traits du regretté savant. L'exécution de cette médaille sera confiée à M. Vernon.

Les personnes qui voudraient se joindre au Comité pour rendre hommage à la mémoire de l'éminent agronome que pleure la science française sont priées d'adresser leur souscription à M. P. Masson, éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, à Paris, chargé de réunir les fonds. Tous les souscripteurs d'une somme au moins égale à 25 francs recevront un exemplaire de la plaquette.

Hommage à un savant français. — M. J. W. Swan, membre de la Société Royale de Londres, dont les recherches ont beaucoup contribué au développement de l'électricité industrielle, vient de rendre un éclatant hommage à la mémoire de l'un de nos compatriotes, G. Planté, qui fut aussi l'un des premiers pionniers dans cette branche de la Science.

Ecrivant tout récemment ses souvenirs, M. Swan rappelle le mémorable Congrès des Electriciens de 1881, et l'Exposition qui l'accompagna; c'est là qu'il eut l'occasion de rencontrer Planté, qui y présentait sa batterie secondaire à grande capacité. L'exposition était rudimentaire, car Planté était un homme d'une grande modestie et d'une grande simplicité. « La batterie secondaire, dit M. Swan, n'en était pas moins une invention d'une immense portée, car les principes posés par Planté ont servi de base à tous les essais d'emmagasinement de l'électricité et de construction des accumulateurs ».

Cet hommage rendu à l'œuvre de Planté a d'autant plus de valeur qu'il vient d'un de ceux qui ont assisté aux débuts de l'industrie électrique et qui ont connu par eux-mêmes toutes les difficultés à surmonter pour triompher.

§ 2. — Nécrologie

Sir William C. Roberts-Austen. — Les sciences et les arts métallurgiques ont perdu récemment un de leurs maîtres les plus brillants et les plus honorés.

Sir William Roberts-Austen avait été successivement essayeur, chef des essais et, en dernier lieu, directeur (Deputy-Master) de la Monnaie britannique. Il avait remplacé Percy en 1880 comme professeur de Métallurgie à l'Ecole des Mines de Londres, et il était, depuis 1875, membre de la Société Royale. Il n'était pas moins connu en France qu'en Angleterre : la Société des Ingénieurs Civils le comptait au nombre de ses membres honoraires et la Légion d'honneur lui avait ouvert ses rangs à la suite de l'Exposition Universelle de 1889. Président de l'*Iron and Steel Institute* en 1900, il avait, au meeting tenu à Paris, pris pour sujet de son adresse présidentielle l'étude du rôle comparé de l'Angleterre et de la France dans les progrès théoriques et pratiques de la Métallurgie depuis le début du siècle écoulé, et, dans cette circonstance, il avait pu montrer qu'il connaissait notre histoire scientifique, voire même notre littérature, beaucoup mieux assurément que nombre de nos compatriotes les plus qualifiés.

Toutes les recherches personnelles de Roberts-Austen ont été consacrées à l'étude des métaux. Comme le fait remarquer M. le Professeur Howe, dans l'article ému où il évoque, dans le *Metallographist* de janvier, le souvenir de son ami, Sir William eût pu trouver des succès plus rapides et plus faciles en suivant les chemins frayés de la Chimie classique. Mais, dédaigneux des préjugés qui font de la science appliquée une parente pauvre et humiliante de la science dite pure, il avait vu que l'Industrie, au contraire, est le réservoir naturel, toujours renouvelé, où les laboratoires peuvent puiser des sujets d'études toujours actuelles; il avait compris que la Métallurgie n'avait pas trouvé dans la chimie des composés définis l'instrument précis et définitif de ses progrès. Aussi, s'inspirant de l'exemple de Graham, dont il avait été l'assistant, et de celui de Sainte-Claire-Deville, il s'était adressé tout d'abord aux méthodes de la Physique; il avait été un physico-chimiste avant que la Physico-chimie eût trouvé son autonomie et même son nom. Et tel était bien le bon chemin, comme l'ont prouvé les événements, quand ses résultats se joignirent à ceux des Van't Hoff, des Roozeboom, des H. Le Chatelier pour former une lumineuse synthèse de la théorie rationnelle des alliages du fer.

Les Mémoires originaux de Roberts-Austen sont nombreux et variés. Parmi les plus remarqués, on peut citer son essai pour relier les propriétés mécaniques des métaux à la loi périodique, ses belles expériences sur la diffusion des solides dans les solides, la découverte du premier composé métallique ($AuAl^2$) fondant à une température supérieure à celle de ses constituants, enfin les cinq Rapports au Comité des alliages de l'*Institution of Mechanical Engineers*. A ce Comité, émule du Comité similaire de notre Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le chef des essais de la Monnaie de Londres avait prêté son laboratoire, son expérience, son temps et ses forces; il en a dirigé personnellement les travaux, abordant par les méthodes les plus nouvelles, souvent créées ou perfectionnées par lui, tous les problèmes que soulèvent la fabrication et l'emploi des alliages.

Artiste et lettré en même temps que savant, Roberts-Austen fut un conférencier de premier ordre. Ses lectures sur les alliages et leurs applications aux beaux-arts dans les civilisations passées ou présentes, sur les métaux rares, sur la trempe et le revenu de l'acier sont délicatement ciselées et ont eu d'éclatants succès.

Comme ouvrage didactique, il laisse une *Introduction à l'étude de la Métallurgie*. C'est une œuvre très différente de la plupart de nos traités français, qui, négligeant trop souvent les questions pendantes et controversées, cherchent volontiers, par l'agencement dogmatique des parties classiques de leur sujet, à constituer une sorte de catéchisme en apparence achevé, facilement assimilable par les cerveaux et par les mémoires des écoliers. Ici, on retrouve une série de leçons sur les problèmes les plus actuels, sur l'histoire et l'évolution de ces problèmes, sur les méthodes qui permettent de les aborder. Les choses sont ainsi présentées sous leur véritable aspect, l'élève sait d'avance qu'il n'aura pas, en entrant dans l'industrie, à appliquer des formules toutes faites au nom d'une science infaillible, mais à chercher la solution de difficultés sans cesse renaissantes et à accroître, pour sa petite part, l'héritage de connaissances incertaines que lui ont légué ses prédécesseurs.

Aucun livre ne montre mieux les différences d'esprit de l'enseignement de part et d'autre du détroit. Les Anglais, cependant, se prennent à douter de la valeur de leur pédagogie et, apparemment, elle ne leur a pas donné ces bataillons d'exécutants instruits et disciplinés qui font la force de l'industrie allemande. En revanche, elle n'a pas, comme d'autres, modelé toutes les jeunes intelligences d'après les règles intransigeantes d'un canon obligatoire, elle n'a pas entravé le développement régulier des originalités natives.

Roberts-Austen a été l'un des exemples de ces fortes individualités britanniques, à la fois respectueuses des traditions et jalouses de leur indépendance, hommes de foi et d'examen, évolutionnistes, non révolutionnaires. Il a partagé sa vie publique, malheureusement interrompue avant l'heure, entre les devoirs accablants de ses charges multiples et l'investigation scientifique, passionnément épris de la vérité, toujours prêt au labeur pour la conquérir, au combat pour la défendre. Il a justifié pour sa part le mot célèbre et quelquefois inexact : « La science, c'est la vertu ».

F. Osmond.

§ 3. — Météorologie

Exploration de la haute atmosphère. — Le *Moniteur de l'Empire allemand* a publié un Rapport de M. Assmann, directeur de l'Observatoire aéronautique de Potsdam, sur une ascension de cerf-volant faite le 6 décembre 1902, au cours de laquelle les enregistreurs météorologiques sont parvenus à une altitude de 5.500 mètres environ. Six cerfs-volants furent attachés en série sur un même fil de 10 kilomètres.

Le courant d'Est qui soufflait près du sol avec une vitesse de 2m,5 atteignait déjà 15 à 20 mètres vers 1.000 mètres, pour devenir tempétueux au delà. A l'altitude maximum, l'humidité relative était nulle.

La température était de — 14°7 sur le sol; puis les instruments traversèrent des régions plus chaudes, — 8° vers 1.200 mètres, — 10° à 2.500 mètres; une baisse assez lente se produisit au delà. M. Assmann attribue les froids intenses et précoces de l'entrée de l'hiver à ce puissant courant remarquablement sec, ainsi qu'à l'existence de la couche plus chaude, épaisse de 3 à 4.000 mètres : pareille disposition peut effectivement empêcher l'ascension de l'air, la formation de nuages et de précipitations.

Atlas météorologique. — La ville de Paris a publié un atlas météorologique pour les observations faites à l'Observatoire municipal, dont le Service physique et météorologique est placé sous la direction de M. J. Jaubert; on y trouve les observations faites de 1887 à 1891 à Montsouris, et de 1892 à 1898 à la Tour Saint-Jacques : pression barométrique, température de l'air, nébulosité, direction et vitesse du vent, pluie et évaporation, état du ciel, phénomènes divers. La forme en est relativement nouvelle, et très heureuse comme application ; au lieu de longs discours, d'interminables moyennes et réductions où l'on perd toutes les singularités importantes, cet atlas météorologique se compose d'une série de planches, de graphiques, où se

trouvent inscrits tous les phénomènes, avec des notations spéciales pour les singularités. Pour n'en donner qu'un exemple, dans les phénomènes divers, un signe sera affecté à la production de gouttes, pluie, brume, brouillard, neige, grésil, grêle, rosée, gelée blanche, givre, orage, halo, arc-en-ciel : c'est dire assez la variété des indications. On ne peut qu'être obligé au directeur de ce Service de la régularité de son fonctionnement, de l'observation attentive des détails les plus fugitifs et, enfin, de la publication des résultats sous une forme claire, que l'œil apprécie rapidement.

§ 4. — Mécanique

Un nouveau manomètre de comparaison pour les hautes pressions. — La mesure des hautes pressions est une de celles que les ingénieurs exécutent encore le plus imparfaitement. Le manomètre métallique est essentiellement un instrument secondaire, qui doit de toute nécessité être étalonné et comparé de temps à autre à un appareil primaire, et le seul manomètre primaire réellement précis, que l'on ait imaginé jusqu'à présent, est le manomètre à air libre. Il va de soi que des difficultés pratiques insurmontables s'opposent à son emploi pour des pressions de quelques centaines d'atmosphères. On a tenté, il est vrai, d'étendre considérablement ses limites d'application par d'ingénieux artifices, et notamment par l'emploi de colonnes multiples en série, la pression réalisée au bas de l'une étant transmise par une colonne d'air au sommet de la suivante; mais la multiplicité des ménisques et des joints, les chances de fuites dans les tuyaux remplis d'air sous pression, et l'extrême difficulté des observations rendent les avantages de ce dispositif presque illusoires.

Force est donc de recourir à la mesure directe du poids capable d'équilibrer l'effort de la pression sur un piston de section connue, malgré l'erreur produite par le frottement du piston dans le cylindre.

Mais, ici encore, il se présente de grandes difficultés pratiques. Pour une pression de 1.000 atmosphères, il faudra charger le piston de plus d'une tonne pour chaque centimètre carré de section. Il faudra donc ou employer des poids énormes, ou avoir recours à un système de leviers qui introduisent de nouveaux frottements et de nouvelles erreurs, ou utiliser des pistons si petits que le frottement sur leurs parois ait une valeur relative considérable.

Le Département technique du *National physical Laboratory*, qui vient de s'outiller pour mesurer les pressions jusqu'à 10 tonnes par pouce carré (environ 1.500 atmosphères), a résolu cette difficulté en mesurant la différence des efforts exercés sur deux pistons de diamètre peu différent, placés aux deux extrémités d'un cylindre, l'effort exercé sur le petit piston inférieur étant transmis au grand et contrariant son mouvement. L'emploi de deux pistons a l'inconvénient de doubler les frottements, mais on a réduit ceux-ci au minimum par l'emploi d'un liquide lubrifiant comme fluide sous pression et en limitant à 0,02 pouce le déplacement des pistons.

§ 5. — Physique

Conductibilité et retard de polarisation diélectriques. — L'influence que la durée de charge exerce sur la polarisation diélectrique et la dissipation d'énergie électrique dans les condensateurs soumis à des courants variables ont fait, dans ces derniers temps, l'objet de nombreuses recherches, tant scientifiques qu'industrielles. Dans bien des cas, l'on a tâché de déterminer la courbe de polarisation des différents diélectriques soumis à des champs variables, courbe qu'on a, pendant longtemps, crue être analogue aux courbes bien connues d'hystérésis magnétique.

Dans un Mémoire récemment paru dans le *Nuovo Cimento*[1], M. F. Maccarone fait remarquer que toute variation de l'état de polarisation à l'intérieur d'un isolant étant équivalente à un mouvement d'électricité parallèle à la direction de polarisation, les études qu'on a faites de la conductibilité des diélectriques se rattachent également à ce même sujet. Il fait même voir qu'en introduisant la notion de cette conductibilité, on explique avec une élégante simplicité les phénomènes de retard de polarisation des diélectriques, et que ces mêmes faits qui, pendant un certain temps, faisaient supposer l'existence d'une hystérésis diélectrique analogue à l'hystérésis magnétique du fer perdent leur caractère quelque peu paradoxal.

La méthode dont s'est servi l'auteur, et qui est essentiellement différente de toutes celles qu'on a préconisées jusqu'à ce jour, permet de suivre les variations des charges induites à la surface des isolants, une petite fraction de seconde après le moment où ces derniers ont été soumis à un champ électrique.

Pour y réussir, M. Maccarone tire parti du phénomène bien connu d'orientation que présente une aiguille diélectrique suspendue par son milieu dans un champ électrique. L'auteur dispose une pareille aiguille entre les armatures d'un condensateur à air, lesquelles peuvent être mises rapidement en communication avec les pôles d'une batterie d'accumulateurs. Le champ électrique étant établi, l'aiguille, par une rotation autour de son axe, tend à se placer de manière à offrir une section minima au flux de force magnétique, soit de manière que l'axe majeur d'une section droite soit perpendiculaire aux plaques du condensateur. Admettant que le moment de rotation de l'aiguille est proportionnel à la polarisation du diélectrique, l'auteur opère, au moyen d'un miroir solidaire de l'aiguille et qui reçoit un mince faisceau lumineux, l'enregistrement des mouvements de cette dernière.

Les résultats de ces intéressantes expériences font voir que le courant u traversant un isolant imparfait est lié à la force électromotrice par la relation :

$$u = a'X + b\xi,$$

où X représente la force électromotrice extérieure, ξ la force électromotrice résultant de X et de celle qui est due aux charges induites à la surface de l'isolant, a' et b étant deux constantes dépendant de la nature de la substance.

Pour $a' = 0$, l'on retombe dans la conductivité ordinaire, ohmique.

La polarisation des isolants croît généralement avec la durée du champ, à l'exception seulement de la paraffine parfaitement pure, pour laquelle la polarisation est indépendante de la durée de la charge.

Pour les champs constants, la relation entre la polarisation p et le temps t suit la loi :

$$p = A - B.10^{-ct},$$

où A, B, c sont des constantes dépendant de la forme et de la nature de la substance considérée ; A et B sont, en outre, proportionnels au champ.

Cette loi équivaut à cette autre :

$$u = \lambda X + \rho\alpha,$$

où u est le courant à l'intérieur de l'isolant, X la force électromotrice extérieure, α la polarisation de l'isolant, λ et ρ des constantes dépendant de la nature et de la forme de ce dernier.

Tous les phénomènes de retard de polarisation dans les champs variables et de rotations électrostatiques se déduisent de la formule précitée.

Nouveau dispositif de fluorescence. — M. H. Lehmann vient de décrire, dans les *Annalen der Physik*[2], quelques expériences de fluorescence. En préparant des

[1] *Nuovo Cimento*, numéro de novembre, 1902.
[2] *Annalen der Physik*, n° 12 (1902).

filtres lumineux au moyen des matières colorantes du goudron, l'auteur a obtenu une combinaison de filtres montrant la remarquable propriété de faire parvenir à l'œil des rayons de couleur différente selon qu'on regarde à travers l'un ou l'autre côté du filtre. L'examen spectroscopique de cette combinaison a donné, dans ces deux cas, des spectres d'absorption tout à fait différents.

Une combinaison pareille comprend deux filtres, dont l'un contient un pigment fluorescent, tandis que l'autre donne passage aux rayons excitant la fluorescence de celui-là; ce dernier doit, de plus, montrer une bande d'absorption coïncidant avec le spectre de fluorescence de l'autre. Quand c'est le filtre fluorescent qui est tourné vers la fente du spectroscope, l'on observera, on le voit, le spectre de fluorescence; lorsque, au contraire, la lumière va en sens inverse, le spectre de fluorescence sera complètement absorbé.

L'auteur indique comme tout spécialement efficace la combinaison d'un filtre à la rhodamine et d'un filtre au vert brillant. Le vert transmis par ce dernier excite le fluorescence orangée de l'autre. M. Lehmann ajoute à cette paire un troisième filtre, à l'auramine celui-là, qui n'a d'autre fonction que d'absorber le bleu superflu. En regardant à travers ce système, dans un sens ou dans l'autre, l'œil a l'impression de couleurs complémentaires.

Cette expérience réussit même avec des éprouvettes contenant les pigments; cependant on emploie de préférence les filtres secs, qui se prêtent mieux à être renversés. On peut encore réaliser la projection objective des spectres, pourvu qu'on dispose d'une source lumineuse suffisamment intense.

§ 6. — Électricité industrielle

Les limites physiques de la transmission économique de l'électricité. — L'*Engineering Magazine* publie sous ce titre une étude de A.-D. Adams sur les limites imposées par des considérations ou des difficultés physiques à la transmission de l'énergie électrique à distance.

L'auteur fait observer qu'en théorie il n'existe aucune limite, et c'est un fait reconnu depuis longtemps. Il suffit, pour remédier aux chutes de tension considérables résultant des grandes distances, d'employer une tension initiale très élevée, ce qui n'est pas théoriquement impossible, ni même limité. On peut aller encore plus loin que l'auteur de cet article, et dire que, techniquement, la transmission de l'énergie électrique à grande distance demeure un problème possible, quelle que soit la distance; mais on doit admettre alors que le rendement peut être considérablement réduit, à tension élevée, par les effluves continuelles transmises de fil à fil à travers l'air.

Toutefois, les difficultés vraiment pratiques qui limitent la distance de transmission ne sont pas même celles que nous venons de signaler, car avant elles se présente une difficulté qui n'est pas encore résolue : c'est celle d'assurer le service continu sur une ligne à très haute tension, malgré les nombreux points faibles qu'elle comporte et les nombreux dangers auxquels elle est exposée : points faibles constitués notamment par les isolateurs supportant la ligne et les dispositions nécessitées par les divers ouvrages d'art rencontrés en cours de route; dangers que font courir à la ligne les décharges atmosphériques, les corps de toute nature, les branches d'arbres, les oiseaux, qui peuvent venir en contact avec les fils, etc.

C'est ainsi que des transmissions d'énergie prévues et établies pour 60.000 volts sont mises en service sous 40.000, et qu'aujourd'hui l'installation la plus favorisée à tous les points de vue ne comporte pas plus de 140 kilomètres de ligne à 50.000 volts (Missouri River C°, aux Etats-Unis).

Les transformateurs élévateurs ou réducteurs de tension employés dans les postes d'utilisation ou de production d'énergie peuvent s'établir pour 60.000, 80.000 volts et au delà; les alternateurs pourraient de même se construire, ce qui ne présente pas, il est vrai, un intérêt aussi grand qu'on paraît le croire quelquefois, pour la production directe de tensions assez élevées.

Au cas même où les difficultés pratiques signalées ci-dessus seraient un jour résolues, il conviendrait de ne pas perdre de vue les considérations d'économie qui commandent souvent de ne pas réaliser le transport de l'énergie à distance, si séduisant et si facile qu'il paraisse.

C'est pour ces raisons diverses que, en dépit des hérésies qu'on peut lire chaque jour sur ce sujet, les limites de tension considérées comme pratiques dans les conditions les plus favorables sont actuellement celles que nous avons données ci-dessus.

Il est facile d'en déduire les distances auxquelles on peut transporter économiquement une quantité donnée d'énergie, mais sur cette détermination doivent naturellement influer toutes les conditions locales, telles que prix du charbon, dépenses d'aménagement de chutes, aménagement qui peut être plus ou moins facile, etc. La distance la plus considérable jusqu'à ce jour est de 250 kilomètres.

§ 7. — Chimie organique

La Purpurogalline. — Les produits de l'oxydation du pyrogallol et de ses dérivés ont été fort étudiés, car ces substances montrent une grande variation dans leur constitution, suivant le genre d'oxydant employé, variation que l'on observe moins fréquemment avec d'autres composés phénoliques. Ainsi, l'on sait que, si une solution alcaline d'acide gallique est oxydée par un courant d'air en présence d'alcool, il se forme[1] de la gallotlavine (acide pentahydroxyxanthonecarbonique), tandis que le gallate d'éthyle, dans des conditions analogues, fournit l'acide ellagique, qui est un dérivé du fluorène.

D'autre part, si l'on traite le pyrogallol par le peroxyde de baryum[2], il se produit de l'hexahydrodiphénylènecétone, tandis que l'oxydation de l'éther diméthylique du pyrogallol donne le cédridet ou tétraméthylméthoxydiphénoquinone[3].

Un dérivé plus intéressant du pyrogallol est la purpurogalline, qui, au lieu d'être jaune comme la galloflavine et l'acide ellagique, est une belle matière colorante rouge ressemblant à l'alizarine.

Cette purpurogalline a été découverte par M. A. Girard[4], qui traitait le pyrogallol par le nitrate d'argent en solution acide, ou par le permanganate et l'acide sulfurique. Il lui assigna la formule $C^{20}H^{16}O^{9}$.

Wichelhaus[5] obtint la même substance en traitant le pyrogallol par la quinone.

Struve[6] trouva qu'en mélangeant des solutions de pyrogallol et de gomme arabique, il s'en forme des quantités abondantes, jusqu'à 67 °/₀ d'après Clermont et Chautard[7]. Ces derniers auteurs décrivirent un dérivé tétracétylé $C^{20}H^{12}O^{9}(C^{2}H^{3}O)^{4}$. Comme par la distillation de la purpurogalline avec la poudre de zinc on obtient du naphtalène, il paraît devoir être évident que cette matière colorante en contient le noyau[8].

Les récentes recherches de MM. Perkin et Steven[9] ont précisé quelques points de l'histoire de cette intéressante matière colorante.

Tout d'abord, les analyses des dérivés tétracétylé et

[1] Bohn et Græbe : *Ber.*, t. XX, p. 2328.
[2] Harries : *Ber.*, t. XXXV, p. 2955.
[3] Hofmann : *Ber.*, 1878, t. XI, p. 335.
[4] *Ber.*, t. II, p. 562.
[5] *Ber.*, 1872, t. V, p. 848.
[6] *Liebig's Annalen*, t. CLXIII, p. 102.
[7] *Jahresber.*, 1882, p. 682.
[8] Nietzki et Steinmann : *Ber.*, t. XX, p. 1277.
[9] *Chem Soc.*, t. LXXXIII, p. 129.

tribenzoylé conduisent, non pas à la formule $C^{20}H^{16}O^{6}$, mais à la formule $C^{11}H^{8}O^{5}$. De plus, la formation, sous l'influence de l'acétate de potassium, d'un dérivé $C^{11}H^{7}O^{5}K$ conduit à la rapprocher d'autres matières colorantes phénoliques.

Quant à la production de naphtalène par la distillation avec la poudre de zinc, elle a été confirmée; si, alors, on en conclut que la purpurogalline renferme vraiment le noyau du naphtalène, il faudrait, dans cette hypothèse, admettre que, dans l'oxydation du pyrogallol, il y a eu formation d'un groupement β- naphtoquinonique. La formation d'un dérivé tétracétylé ne vient pas à l'appui de ladite hypothèse; il est vrai qu'on ne peut obtenir qu'un dérivé tri et non tétrabenzoylé.

D'autre part, on sait que, bien que le lapachol, dérivé α-naphtoquinonique, ne contienne qu'un groupe hydroxyle, il donne un dérivé diacétylé, et que, d'autre part, la benzoquinone peut, dans certaines conditions, fournir aussi un dérivé diacétylé.

§ 8. — Chimie industrielle

La « Thermite » et ses emplois. — Dans sa séance du 7 janvier, M. A. Hübke a fait, devant la *Société Berlinoise des Mécaniciens*, une intéressante conférence sur la « thermite » et ses emplois, conférence dont *Der Mechaniker*, de Berlin, publie un compte rendu.

Les procédés dits aluminothermiques sont basés sur le fait, établi par le Dr H. Goldschmidt, que, lorsqu'on enflamme, en un point quelconque, un mélange composé essentiellement d'un oxyde métallique et de morceaux d'aluminium, ces derniers continuent à brûler spontanément, sans qu'il faille leur fournir de la chaleur du dehors, en produisant des températures s'élevant jusqu'à 3.000°. En même temps, le métal ajouté à l'état d'oxyde est dégagé à l'état pur, exempt de carbone, et une scorie d'oxyde d'aluminium (dite *corindon artificiel*) se forme. Il n'est pas besoin d'insister sur la valeur énorme que doit avoir, pour l'Industrie tout entière, un procédé permettant d'obtenir des températures aussi élevées, sans appareils ou ustensiles encombrants.

Cette méthode est surtout appliquée à l'oxyde du métal le plus important, au point de vue industriel, le fer, et c'est un mélange d'oxyde de fer et d'aluminium qu'on désigne sous le nom de *thermite*, et qui permet de préparer un fer chauffé à une température fort élevée et éminemment forgeable.

Dans bien des cas, ce n'est que la température élevée qu'on utilise, sans employer directement le fer dégagé. C'est ainsi qu'on se sert de ce procédé pour souder les tubes en fonte de toute espèce, ainsi que les axes, barres, etc., en nettoyant les bouts à souder des impuretés non métalliques et en les rapprochant au moyen d'un étau spécial. Ayant disposé une forme convenable entourant les deux bouts, l'on y verse la fonte préparée au moyen de la thermite, laquelle les portera à la température nécessaire pour opérer la soudure, dans un temps bien déterminé. Il ne faudra plus alors que serrer un peu les vis de l'étau pour compléter celle-ci et casser la fonte solidifiée entourant la soudure. Ce procédé est, paraît-il, le plus économique de tous ceux qu'on connaît.

Quelquefois, pour souder, par exemple, les rails et les arbres de transmission, l'on utilise, concurremment avec la température élevée, le fer pauvre en charbon dégagé, lequel, étant excessivement chaud, est très malléable. On emploie ce procédé également, et sur une vaste échelle, pour réparer les pièces en fonte et en acier, en déterminant bien souvent la réaction de la thermite au point à réparer même.

La thermite donne aussi le moyen de préparer, en tout temps et partout, de la fonte d'acier, en vue de remplacer les pièces qui viendraient à se briser, et d'opérer le recuit local des blindages à forer.

Citons enfin la préparation des métaux à l'état pur et exempt de carbone, ainsi que des alliages, même dans les cas où le four électrique ferait défaut, et du corindon artificiel, important, en raison de sa grande dureté, pour les polissoirs.

La Gazéification du charbon. — Les combustibles gazeux sont de beaucoup les plus avantageux : on peut les mélanger intimement à la quantité précise d'air nécessaire à leur combustion complète et produire l'inflammation exactement à l'endroit le plus favorable. Aussi est-il souvent préférable d'utiliser le charbon après l'avoir converti en oxyde de carbone, bien que cette opération préliminaire absorbe environ 30 % de la puissance calorifique. L'économie serait énorme si l'on parvenait à gazéifier le charbon lui-même, ou, ce qui revient pratiquement au même, à le réduire en fine poussière en suspension dans un courant d'air. Mais il y a à vaincre une difficulté capitale : les poussières très fines peuvent s'enflammer spontanément avec explosion et elles absorbent une forte proportion d'humidité; il est donc impossible de tenir une poussière en réserve sans que sa qualité s'altère et sans courir un danger sérieux.

Dans une installation récente destinée au chauffage d'une chaudière de 250 chevaux, on a résolu le problème en ne produisant la poussière de charbon qu'au fur et à mesure des besoins. Une machine à râper spéciale, et dont le dispositif n'a pas encore été publié, est réglée avec une telle précision qu'elle produit à chaque instant la quantité de poussière exactement nécessaire. Un courant d'air enlève les particules combustibles au fur et à mesure de leur production. Le mélange est bien homogène et brûle comme le jet de gaz d'un bec de Bunsen. Moins de 1 % de l'énergie produite est absorbée par le râpage du charbon.

§ 9. — Géologie

L'existence possible de la houille en Meurthe-et-Moselle. — M. R. Nicklès, professeur-adjoint de Géologie à la Faculté des Sciences de Nancy, vient de publier sur cette question, d'une importance industrielle et économique capitale pour le département de Meurthe-et-Moselle, le résultat de recherches poursuivies depuis près de deux ans[1]. Voici les conclusions auxquelles il est arrivé :

« Le résultat de cette étude est loin d'être très encourageant : la houille, si l'on peut l'atteindre, sera à une grande profondeur; cependant, il est *rationnellement possible* qu'on y réussisse. Si l'on veut faire des recherches en Meurthe-et-Moselle, à défaut de points nettement favorables, les *régions les moins défavorables* sont :

« 1° Dans la région de Pont-à-Mousson, l'anticlinal d'Eply-Atton et son prolongement;

« 2° Dans la région de Lunéville, le dôme de Mont-sur-Meurthe-Blainville;

« 3° Dans la région de Nancy, avec 300 mètres de profondeur de plus qu'à Mont, le dôme de Cercueil-Voirincourt.

« Le premier point semble plus attirant, par suite des nombreuses recherches exécutées en ces derniers temps en Lorraine annexée, et de quelques succès malheureusement trop peu précis; — parce qu'il est aussi sur le prolongement du bassin de Sarrebrück.

« Cependant, depuis quelques mois, les Allemands, qui avaient abandonné les recherches en Lorraine annexée, les ont reprises, mais en se reportant un peu au nord de l'arête anticlinale de Pont-à-Mousson; leurs sondages sont en cours d'exécution vers Raville et Courcelles-Chaussy.

« Le second point, qui ne doit pas être confondu avec Ménil-Flin, peut permettre d'atteindre le terrain

[1] R. Nicklès : De l'existence possible de la houille en Meurthe-et-Moselle et des points où il faut la chercher. 1 broch. de 24 pages. Nancy, 1902.

houiller à une profondeur moindre peut-être qu'à Eply, bien que ce ne soit qu'une probabilité qu'aucun sondage n'a confirmée jusqu'à présent; en cas de réussite, la présence de deux lignes de chemin de fer et la possibilité de dériver une branche du canal de la Marne au Rhin jusqu'à Mont constituerait aussi de grands avantages.

« Enfin, le troisième point, Cercueil-Voirincourt, ne devrait être sondé que si le second donnait, sur les épaisseurs de terrains prévues, une réduction considérable. »

§ 10. — Biologie

Expériences sur la régénération des organes internes chez le Triton. — Dans ses écrits théoriques, Weismann a soutenu depuis longtemps l'opinion que la régénération ne se présente que dans des organes exposés naturellement à être mutilés, en d'autres termes, qu'elle est un phénomène de nature adaptative; on sait, en effet, que chez les Tritons, par exemple, la queue, les membres, la peau, la mâchoire inférieure, les yeux, tous organes qui peuvent être endommagés par des Poissons ou Insectes carnassiers, présentent le phénomène de régénération à un haut degré; pour compléter la démonstration, il fallait prouver que les organes internes, qui sont évidemment à l'abri des traumatismes, ne possèdent pas la même propriété. C'est ce que vient de montrer Weismann[1] : divers organes, l'oviducte, le canal déférent, un ovaire, un testicule, un fragment de poumon sont extirpés à divers *Triton cristatus*, suivant toutes les règles de l'asepsie; les animaux résistent à ces opérations, restent bien portants, et sont examinés longtemps après (dans un cas, vingt-deux mois après l'enlèvement d'un ovaire et d'un oviducte); il n'y a pas le moindre indice de régénération des organes enlevés, ce qui confirme tout à fait, au moins pour les Tritons, la thèse du savant biologiste.

L'imperméabilité de la paroi alvéolaire pour l'Ammoniaque. — Knoll a démontré que, si l'on insuffle, dans les poumons de chiens trachéotomisés, de l'air chargé de vapeurs ammoniacales, l'ammoniaque ne passe pas dans le sang, l'animal ne présentant aucun des symptômes de l'empoisonnement ammoniacal. R. Magnus complète cette démonstration de l'imperméabilité de la paroi alvéolaire pour le gaz ammoniac en introduisant l'ammoniaque dans la veine jugulaire ou dans l'artère pulmonaire; l'air expiré ne contient pas de traces d'ammoniaque. Mais, si l'on sacrifie l'animal qui a reçu cette ammoniaque en injection intraveineuse, et si, quelques minutes après la mort, on pratique la respiration artificielle, on trouve de l'ammoniaque dans l'air extrait des alvéoles.

Donc, chez l'animal vivant, la paroi alvéolaire est imperméable au gaz ammoniac et cela que ce gaz soit dans l'air alvéolaire ou dans le sang, tandis que cette même paroi est perméable à l'oxygène, à l'azote, à l'acide carbonique, à l'hydrogène sulfuré, à l'acide prussique, au chloroforme, à l'éther, au protoxyde d'azote, etc. Cette imperméabilité est liée à la vitalité du tissu pulmonaire, puisqu'elle n'est absolue que pendant la vie.

Ce sont là des faits dignes d'être signalés, car on tend aujourd'hui à considérer la paroi alvéolaire comme absolument inerte dans les échanges gazeux, les expériences de Fredericq ayant définitivement établi, contrairement à l'opinion de Ch. Bohr, que les échanges gazeux pulmonaires se font purement et simplement selon les lois physiques. L'ammoniaque se distinguerait donc à cet égard de tous les autres gaz ou vapeurs examinés jusqu'à ce jour.

[1] Versuche über Regeneration bei Tritonen (*Anatom. Anzeiger*, Bd XXII, 1903, p. 425).

§ 11. — Géographie et Colonisation

Société de Géographie de Paris. — L'intrépide et savant spéléologue M. Martel vient d'exposer, devant la Société de Géographie, le résultat des recherches qu'il a entreprises au cours de ses quatre dernières explorations souterraines (1899 à 1902) en France, Espagne, Suisse, Allemagne et Belgique.

Au point de vue géographique, les investigations de M. Martel continuent à fournir les preuves du dessèchement progressif des régions calcaires, de l'enfouissement ininterrompu des eaux dans l'intérieur du Globe — du moins pour les terrains fissurés — et cela non seulement au cours des périodes géologiques, mais sous nos yeux, en pleine époque contemporaine, et avec une rapidité qu'on ne se figure pas volontiers. Aussi, M. Martel pense que la recherche et la connaissance des réceptacles souterrains qui recueillent les eaux des dépôts géologiques fissurés sont appelées à devenir une nécessité de premier ordre. Ces études, scientifiquement conduites, permettront tantôt d'utiliser des réserves d'eau actuellement stériles dans les profondeurs de la terre, tantôt, et le plus souvent, d'exécuter des travaux pratiques pour enrayer les progrès de l'absorption et en prévenir les désastreux effets.

Il résulte des faits exposés avec une grande clarté par M. Martel que la lutte contre le dessèchement s'impose, et qu'entre autres moyens d'action, le reboisement, dont les bienfaits sont multiples, sera l'un des plus efficaces. La reconstitution des forêts et du sol végétal pourra faire contrepoids à l'agrandissement des fissures et à l'approfondissement des galeries que creusent sans relâche les dérivations souterraines, et cela en introduisant des éléments d'obstruction et surtout en ralentissant l'infiltration au profit du ruissellement.

Mission en Australasie anglaise. — M. Paul Privat-Deschanel, ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure, professeur au lycée d'Orléans, est chargé, par le Ministère du Commerce, d'une mission ayant pour objet la constatation des résultats des expériences sociales entreprises dans l'Australasie anglaise (Australie et Nouvelle-Zélande).

§ 12. — Universités et Sociétés

A la Société Mathématique de France. — La Société Mathématique de France a nommé, dans sa première séance, son bureau pour 1903.

Le nouveau président est M. Painlevé.

Les quatre membres sortants du Conseil, MM. Andoyer, André, Fouret et Guyou, sont remplacés par MM. Kœnigs, Lecornu, R. Perrin et Touche. Les deux premiers ont présidé la Société, l'un en 1896, l'autre en 1898.

D'autre part, deux additions ont été faites à la liste des membres honoraires du bureau : l'une est celle de M. le commandant Guyou, également ancien président de la Société (1899); l'autre, celle de M. Mittag-Lœffler, l'éminent directeur des *Acta Mathematica*. Cela porte à deux le nombre des membres honoraires étrangers, le premier étant M. Crémona.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE [1]

III. — LES THÉORIES MÉCANIQUES DE LA CHALEUR ET DE L'ÉLECTRICITÉ

I. — La Théorie cinétique des Gaz.

La *Mécanique analytique*, triomphante, n'est pas construite exclusivement avec la *figure* et le *mouvement*, seuls éléments admis par les cartésiens dans l'explication du monde; à ces éléments, elle ne se contente pas, comme les atomistes, d'adjoindre la *masse*; elle invoque, en outre, l'idée de *force*; mais ces quatre notions lui suffisent à construire un système admirable d'ampleur et d'unité logique. Ce système réalise le rêve de Leibniz; il est donc, comme ce grand métaphysicien l'a reconnu, une réaction à l'encontre des tendances de Gassendi, de Descartes et de Huygens, un retour aux doctrines de l'École.

Le continuel mouvement de flux et de reflux qui fait osciller les opinions humaines a poussé la Mécanique de Lagrange et de ses contemporains vers l'antique Physique péripatéticienne; le jusant succédant au flot, la science de la Nature va maintenant dériver vers les doctrines atomistiques.

Ce changement de sens dans le courant qui entraîne les théories physiques a été déterminé par la découverte de l'équivalence entre la chaleur et le travail mécanique. Cette découverte, nous le verrons au chapitre suivant, s'accordait fort bien avec l'hypothèse que la chaleur est un mouvement, hypothèse émise par Descartes et acceptée par tous les physiciens qui ont précédé Black et Crawford; elle était donc naturellement appelée à remettre en faveur la Physique cartésienne ou atomistique, les explications qui rejettent la notion de force.

Parmi ces explications, la théorie atomistique des propriétés des gaz attira tout d'abord l'attention des physiciens. Cette préférence était, pour ainsi dire, forcée, car les lois relatives aux corps gazeux étaient précisément celles qui avaient provoqué la création de la Thermodynamique, celles qui se prêtaient à ses calculs les plus aisés et les plus complets.

Préparée par les essais de Leibniz, de Malebranche, de Jacques Bernoulli, de Parent, de Jean I Bernoulli, la doctrine connue aujourd'hui sous le nom de *Théorie cinétique des gaz* fut définie avec précision en 1738, par Daniel Bernoulli, dans la dixième section de son *Hydrodynamique* [2].

[1] Voyez les deux premières parties de cet article dans la *Revue* du 30 janvier 1903, p. 63 et suiv., et du 15 février 1903, p. 119, et suivantes.

[2] Danielis Bernoulli : *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii.* Argentorati, 1738.

Imaginons, dit-il, un vase cylindrique à génératrices verticales, dont l'orifice supérieur soit fermé par un piston chargé d'un certain poids. Remplissons ce vase d'une foule de corpuscules très petits, agités en tous sens; ces corpuscules, frappant le piston à coups redoublés, l'empêcheront de descendre; si l'on augmente le poids qui charge le piston, celui-ci s'abaissera jusqu'à ce que les petits corps, resserrés dans un espace moindre, le puissent soutenir par leurs chocs devenus plus fréquents. Nous avons sous les yeux un mécanisme qui simule les caractères les plus obvies d'un fluide élastique; ne serait-il point capable d'en expliquer plus exactement les propriétés?

Supposons que les particules gazeuses soient des sphères parfaitement élastiques, *se mouvant toutes avec la même vitesse*; imaginons, en outre, qu'elles soient si petites que le volume réellement occupé par ces particules soit négligeable par rapport au volume dans lequel elles se meuvent, du moins lorsque l'air se trouve dans les conditions atmosphériques habituelles; admettons, enfin, qu'en deux circonstances où cet air est également chaud, ces particules se meuvent également vite. Nous trouvons sans peine qu'en diverses masses d'air également chaudes, la pression est proportionnelle à la densité, conformément aux observations de Boyle, de Townley, de Mariotte; cette loi, cependant, cesserait sans doute d'être exacte pour l'air très condensé, car le volume occupé par les molécules y deviendrait comparable au volume apparent de la masse gazeuse [1].

Si l'on porte une masse de gaz d'un degré déterminé de chaleur à un autre degré, également déterminé, la vitesse du mouvement moléculaire passe d'une valeur à une autre; à densité égale, l'accroissement de la pression est proportionnel à l'accroissement du carré de la vitesse; on retrouve ainsi cette proposition [2], qu'Amontons avait obtenue expérimentalement dès 1702 : *En diverses masses d'air, de densités différentes, mais également chaudes, les élasticités sont entre elles comme les densités; les accroissements d'élasticité, dus à un accroissement déterminé de chaleur, sont proportionnels aux densités.*

« Connaissant [3] des valeurs proportionnelles aux élasticités manifestées, en diverses circonstances,

[1] D. Bernoulli : *Loc. cit.*, p. 202.
[2] D. Bernoulli : *Loc. cit.*, p. 203.
[3] D. Bernoulli : *Loc. cit.*, p. 204.

par la même masse d'air, enfermée dans un même espace, il nous est facile de mesurer le degré de chaleur de cet air, pourvu que nous adoptions une définition conventionnelle d'un degré double, triple, etc., de chaleur; définition qui est arbitraire et nullement imposée par la nature des choses; on peut, ce me semble, prendre pour mesure du degré de chaleur l'élasticité d'une masse d'air dont la densité soit toujours égale à la densité habituelle ».

L'*échelle de températures* adoptée ici par Daniel Bernoulli est celle qu'Amontons avait proposée dès 1702 et pour laquelle il avait construit un thermomètre; elle coïncide avec celle qui nous fournit aujourd'hui les *températures absolues*. Moyennant l'emploi de cette échelle, l'air exerce, en toutes circonstances, une pression proportionnelle au produit de sa densité par la température absolue.

La puissante tentative par laquelle Daniel Bernoulli avait essayé de rendre compte, selon les principes des atomistes, des lois de compressibilité et de dilatation des gaz était bien oubliée lorsque Krönig[1] et Clausius[2] en retrouvèrent les idées essentielles et que celui-ci entreprit, en trois mémoires fondamentaux[3], d'en tirer une explication détaillée des phénomènes offerts par les gaz.

Les suppositions de Clausius sont, dans son premier Mémoire, presque identiques à celles que Daniel Bernoulli avait formulées. Les gaz sont formés de sphères dont le diamètre est très petit par rapport à la valeur moyenne de la distance qui sépare deux sphères voisines; chaque sphère se meut en ligne droite d'un mouvement uniforme, jusqu'à la rencontre d'une paroi ou d'une autre sphère; alors, elle rebondit, conformément aux lois du choc des corps élastiques; ces lois entraînent, pour les corps choqués, des variations de vitesse; les sphères élastiques qui constituent le gaz ne peuvent donc se mouvoir toutes avec la même vitesse, comme le voulait Daniel Bernoulli, dont l'analyse doit être modifiée en ce seul point; ce n'est plus la vitesse uniforme du mouvement moléculaire qui est indépendante de toutes conditions, sauf de la température; ce caractère appartient maintenant à la force vive moyenne; c'est celle-ci que l'on peut prendre pour mesure de la température absolue.

Mais, dès le second Mémoire de Clausius, les hypothèses de la Théorie cinétique des gaz perdent cette simplicité qui les accordait avec les principes de la Physique atomistique; entre deux molécules gazeuses, une action réciproque est supposée, qui s'accorde très exactement avec les règles posées par Boscovich; attractive lorsque la distance mutuelle des deux molécules n'est pas du même ordre de grandeur que leurs propres dimensions, elle devient énergiquement répulsive lorsque cette distance tombe au-dessous d'une certaine limite; plus tard, Maxwell précisera cette dernière supposition en admettant que l'action répulsive est en raison inverse de la cinquième puissance de la distance.

Par là, non seulement les fondements de la Théorie cinétique des gaz deviennent plus complexes, mais ils changent de caractère. La Physique atomistique, que l'on eût pu croire triomphante, est de nouveau délaissée. L'existence de forces moléculaires est admise par Clausius et par Maxwell, tout comme elle l'était par Boscovich et par Poisson.

Seulement, par rapport à la Physique de Poisson, la nouvelle doctrine offre de grandes complications.

Pour l'École de Poisson, un gaz dont la densité et la température paraissent invariables à nos sens et à nos instruments est réellement un gaz en équilibre; sur chacun des points matériels qui le composent, toutes les forces se contre-balancent exactement, et ce point demeure en repos. Pour la théorie cinétique, l'équilibre que nous observons n'est qu'un équilibre apparent. S'il nous était donné d'apercevoir les molécules ou les atomes, à la place de ce repos apparent, nous contemplerions une tumultueuse agitation, un chaos de courses folles et de chocs incessants. Un espace qui semblait imperceptible à nos yeux, même armés du plus puissant microscope, paraîtrait à notre nouvelle vue comme une immense étendue; une durée d'une très petite fraction de seconde semblerait longue d'une heure à des sens capables de suivre la marche des atomes. Si, dans un tel espace et pendant un tel temps, nous comptions les atomes qui marchent dans un certain sens, avec une certaine vitesse, et ceux qui marchent en sens contraire, avec la même vitesse, nous trouverions que le très grand nombre des premiers et le très grand nombre des seconds diffèrent entre eux d'un nombre qui n'est pas très grand; que, d'ailleurs, cette différence est tantôt en faveur du premier nombre, tantôt en faveur du second. C'est cette égalité approchée, c'est ce balancement entre les chances qu'ont les molécules d'être lancées dans une direction et les chances qu'elles ont d'être rejetées dans la direction opposée, qui constitue l'état d'équilibre apparent du gaz. Ainsi, la popula-

[1] Krönig : Grundzüge einer Theorie der Gase. *Poggendorff's Annalen*, Bd. XCIX, p. 315, 1856.

[2] Clausius : Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen. *Poggendorff's Annalen*, Bd. C, p. 353, 1857.

[3] Ces trois mémoires, publiés de 1857 à 1862 dans les *Annales de Poggendorff*, ont été traduits en français par M. F. Folie dans : R. Clausius : *Théorie mécanique de la Chaleur*, t. II, Paris, 1869.

tion d'une contrée est stationnaire lorsque, chaque année, le nombre des naissances diffère peu du nombre des décès et que, d'une année à l'autre, l'écart entre ces deux nombres change de sens. Selon l'heureuse expression de Maxwell, l'équilibre d'une masse gazeuse est un *équilibre statistique*.

Ces simples indications annoncent suffisamment les difficultés extrêmes que vont rencontrer les physiciens lorsqu'ils voudront prendre les hypothèses cinétiques pour point de départ de déductions rigoureuses; ces difficultés se résument en ces deux mots : *approximation*, *probabilité*.

Sous l'uniformité et la continuité que nos sens perçoivent, que nos instruments mesurent, ces hypothèses mettent le mouvement désordonné et la multitude discontinue. Ce sont des sommes d'un nombre immense de termes, se succédant d'une manière irrégulière, qu'elles fourniront au mathématicien; celui-ci, pour retrouver les grandeurs qui nous sont accessibles et qui ne sont que des valeurs moyennes, devra transformer ces sommes en intégrales; au cours de ces transformations, il faudra tenir un compte minutieux de l'ordre de grandeur des éléments, à la fois très petits et très nombreux, que l'on aura sans cesse à considérer; il faudra apprécier exactement quels termes sont assez petits pour être négligés, quels assez grands pour être conservés; il faudra déterminer le degré d'approximation avec lequel chaque somme est représentée par l'intégrale qu'on lui a substituée.

Ces difficultés, la Mécanique physique de Poisson les connaissait déjà; pour le géomètre qui discute les hypothèses cinétiques, elles ne sont pas les plus redoutables.

Ce que nos sens prennent pour un véritable état d'équilibre est seulement un état d'équilibre statistique, un état qui demeure stationnaire en moyenne, parce que les *chances* qui tendent à le troubler dans un sens sont compensées par les *chances* qui tendent à le troubler dans l'autre. Lors donc que nous voudrons savoir si une certaine distribution d'atomes et de mouvements représente un état d'équilibre apparent, un état capable de durer, nous devrons supputer les chances qui sont en faveur de chacune des causes capables de le troubler. Dès lors, nous voici obligés de recourir au *Calcul des probabilités*, en dépit des hésitations et des doutes qui semblent inhérents à cet ordre de raisonnements.

Le moindre problème de théorie cinétique sera donc une énigme difficile à déchiffrer, difficile même à énoncer, si l'on tient à satisfaire les exigences des esprits rigoureux; les plus zélés partisans de cette doctrine avouent volontiers qu'il est malaisé d'en discourir d'une manière irréprochable. « Les problèmes ainsi posés au mathématicien, dit M. Brillouin[1], sont d'une désespérante complexité; mais n'est-il pas évident que cette complexité est dans la nature des choses, et qu'une idée fondamentale très simple ne peut servir à grouper un très grand nombre de phénomènes que si l'analyse logique du contenu de cette idée simple conduit à une grande richesse d'associations et de combinaisons? Or, cette richesse, l'hypothèse moléculaire la possède; la traduction rigoureuse en langage mathématique est extraordinairement difficile; au lieu d'assurer chaque pas, il faut à chaque instant franchir un abîme; ce n'est pas sur une bonne route nationale que nous avançons, c'est sur un glacier hérissé de séracs, traversé de crevasses. Car, il faut bien l'avouer, les raisonnements élégants ne semblent pas tous très sûrs; et certains raisonnements statistiques assez sûrs sont d'une rebutante longueur. »

Daniel Bernoulli croyait que toutes les molécules dont se compose une masse gazeuse se meuvent avec la même vitesse; cette supposition est visiblement inadmissible; d'une molécule à l'autre, la vitesse, différente en direction, l'est aussi en grandeur. Comment ces vitesses diverses se distribuent-elles entre les molécules, au sein d'une masse en équilibre apparent? C'est évidemment la première question qu'ait à examiner la Théorie cinétique des gaz. Elle peut, avec plus de précision, s'énoncer de la manière suivante : Des molécules parfaitement élastiques sont jetées, en très grand nombre, dans un espace très grand par rapport au volume qu'elles occupent réellement; entre ces molécules s'exercent des actions attractives ou répulsives conformes aux principes de la philosophie newtonienne; la force vive moyenne ou, en d'autres termes, la température est donnée; dans chaque direction de l'espace et à chaque instant, combien y a-t-il de molécules qui se meuvent avec une vitesse comprise entre deux limites données?

Maxwell obtint le premier une solution de ce problème; la règle élégante qu'il énonça rappelle celle par laquelle la méthode des moindres carrés distribue sur un grand nombre d'observations les erreurs accidentelles commises dans la détermination d'une grandeur. Mais les premières intuitions de Maxwell n'étaient pas des démonstrations; il fallut de longs efforts pour les étayer de raisonnements rigoureux; en ces efforts, le grand physicien écossais reçut une aide puissante de M. L. Boltzmann[2].

---

[1] M. Brillouin : *Préface* aux *Leçons sur la Théorie des gaz*, de L. Boltzmann, traduites en français par A. Gallotti, p. 14; Paris, 1902.

[2] Sous le titre *Vorlesungen über Gastheorie* (Leipzig, 1896-1898), M. L. Boltzmann a publié un précieux exposé de la

Pour démontrer le théorème de Maxwell, il suffit de formuler des hypothèses extrêmement générales; mais, si l'on se borne à ces hypothèses, les conséquences de la Théorie cinétique des gaz sont trop indécises et trop peu définies pour qu'il soit possible de les comparer à l'expérience. Si l'on veut construire une théorie physique susceptible d'être soumise au contrôle des faits, il faut préciser davantage les hypothèses, les délimiter et les détailler par de nouvelles suppositions, et ces suppositions peuvent varier au gré des auteurs. De là diverses théories particulières, disparates entre elles, bien qu'elles dérivent toutes d'une même idée générale; discordantes en leurs conséquences, qui n'offrent jamais avec les faits qu'un accord partiel; de là, dans cette partie de la Physique, un état quelque peu chaotique, que M. Brillouin [1] nous décrit en ces termes :

« L'obligation d'aboutir à des résultats moyens, seuls observables, impose l'emploi de méthodes de statistique et de probabilités; mais l'ignorance où nous sommes des propriétés physiques des molécules et de la loi d'action moléculaire donne prise à bien des doutes sur la correction des suppositions faites au cours des calculs, sur l'indépendance relative des diverses probabilités. Souvent aussi il semble impossible de poursuivre la théorie sans adopter une loi particulière d'action, soit le choc, soit la répulsion $\frac{1}{r^5}$; et, cependant, il y a certainement, dans les équations finales, des caractères généraux qui sont indépendants de cette loi d'action. Nombreuses sont donc les difficultés; chaque auteur les surmonte comme il peut. Une dans ses idées générales, la Théorie cinétique des gaz est diverse dans ses formules; ce sont bien les mêmes idées générales que tous les auteurs se sont efforcés d'exprimer en langage mathématique; mais, par le choix des simplifications, conscientes ou inconscientes, qu'exige la mise en équation du problème physique, chaque auteur a justifié à sa manière le vieil adage : *Traduire, c'est trahir*. Il y a donc des théories mathématiques diverses, et c'est une question très délicate de savoir si, sur tel ou tel point, la théorie de tel auteur est seulement imparfaite ou réellement fausse. »

Il semble bien que les partisans les plus convaincus de l'hypothèse cinétique, et, en particulier, l'illustre L. Boltzmann, aient renoncé à ramener ce chaos à l'ordre et à l'unité, à tirer de cette hypothèse, aidée d'un certain nombre de suppositions secondaires, une doctrine cohérente, conforme à tous les faits révélés par l'étude des gaz parfaits. Ils paraissent se résigner à ne voir, dans les diverses formes de la théorie cinétique, que des exemples mécaniques [1], qui *imitent* certaines propriétés des gaz, qui peuvent, par voie d'*analogie*, donner aux expérimentateurs d'utiles indications [2], mais qui n'*expliquent* point la constitution réelle des gaz, qui ne prouvent point que la matière soit réellement formée comme le veulent les atomistes. « En présentant la théorie des gaz comme un ensemble d'*analogies mécaniques*, dit M. Boltzmann [3], nous indiquons déjà, par le choix de cette expression, combien nous sommes éloigné d'admettre, d'une façon ferme et comme une réalité, que les corps sont, en toutes leurs parties, composés de très petites particules. »

II. — La Théorie mécanique de la Chaleur.

Parmi les substances dont la Physique étudie la compression, la dilatation, l'échauffement ou le refroidissement, le groupe des gaz parfaits se distingue par l'uniformité et la simplicité de ses propriétés. Or, lorsqu'on se propose d'expliquer mécaniquement ces propriétés en invoquant seulement la figure des atomes, leurs mouvements, leurs actions mutuelles, on se heurte à des obstacles difficiles à franchir; malgré les efforts qu'ont prodigués les physiciens et les géomètres, la Théorie cinétique des gaz se voit à peu près contrainte de renoncer à ses prétentions premières; elle n'ose plus se donner comme expliquant la nature des substances gazeuses; elle se contente de les imiter, de les figurer.

Si la Théorie cinétique des gaz a vu son développement arrêté par d'insurmontables barrières, si elle a dû dévier de la direction qu'elle s'était d'abord assignée, à plus forte raison rencontrerons-nous les mêmes obstacles et constaterons-nous la même déviation en étudiant la doctrine beaucoup plus vaste qui prétend expliquer par la figure, le mouvement et la force tous les phénomènes accompagnés d'un dégagement ou d'une absorption de chaleur; cette doctrine est celle qui a reçu le nom de *Théorie mécanique de la Chaleur*.

Il faut remonter jusqu'à Descartes pour retrouver l'origine de l'hypothèse qui place la cause de nos sensations de chaud et de froid dans une agitation vive et désordonnée des petites parties des corps. Avant lui, les Scolastiques regardaient le chaud et le froid comme des qualités ; les anciens atomistes,

Théorie cinétique des gaz. Le premier volume de cet ouvrage a été traduit en français par M. Gallotti, avec une préface de M. Brillouin ; Paris, 1902.

[1] M. Brillouin : *Loc. cit.*, p. 18.

[1] L. Boltzmann : *Leçons sur la Théorie des gaz*, traduites par A. Gallotti; t. I, p. 151 ; Paris, 1902.

[2] L. Boltzmann : *Loc. cit.*, p. 171.

[3] L. Boltzmann : *Loc. cit.*, p. 4.

et Gassendi lui-même, admettaient l'existence d'atomes spéciaux qui produisaient la sensation de chaleur, tandis que d'autres atomes engendraient le froid. Après Descartes, au contraire, tous les physiciens, qu'ils soient disciples de Huygens ou qu'ils se réclament de Newton, admettent que la chaleur est un effet du mouvement moléculaire. Cette hypothèse régna sans conteste jusqu'aux dernières années du XVIIIe siècle; alors seulement les recherches calorimétriques de Black et de Crawford rendirent une faveur momentanée à des suppositions analogues à celle que prônait Gassendi; elles firent traiter la chaleur comme un fluide, auquel la nouvelle nomenclature chimique allait donner le nom de *Calorique*.

En 1783, Lavoisier et Laplace hésitent encore entre l'hypothèse nouvelle qui regarde la chaleur comme un fluide et l'ancienne hypothèse cartésienne, qu'ils énoncent[1], d'ailleurs, avec une grande force et une grande précision : « D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat de mouvements insensibles des molécules de la matière. Pour développer cette hypothèse, nous observerons que, dans tous les mouvements où il n'y a pas de changement brusque, il existe une loi générale que les géomètres ont désignée sous le nom de *Principe de la conservation des forces vives*; cette loi consiste en ce que, dans un système de corps qui agissent les uns sur les autres d'une manière quelconque, la force vive, c'est-à-dire la somme des produits de chaque masse par le carré de sa vitesse, est constante. Si les corps sont animés par des forces accélératrices, la force vive est égale à ce qu'elle était à l'origine du mouvement, plus à la somme des masses multipliées par le carré des vitesses dues à l'action des forces accélératrices. Dans l'hypothèse que nous examinerons, la chaleur est la force vive qui résulte des mouvements insensibles des molécules d'un corps, elle est la somme des produits de la masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse.

« ... Nous ne déciderons point entre les deux hypothèses précédentes; plusieurs phénomènes paraissent favorables à la dernière; tel est, par exemple, celui de la chaleur que produit le frottement de deux corps solides... »

Malgré les admirables recherches de Laplace et de Poisson, le triomphe de l'hypothèse du Calorique fut de courte durée; certains faits contredisaient trop manifestement à cette doctrine; tel le dégagement de chaleur dans le frottement de deux corps, dégagement que l'on connaissait de temps immémorial et que Rumford avait rendu particulièrement manifeste en la célèbre expérience de Münich; telle encore cette observation de Gay-Lussac qu'un gaz, en se détendant dans le vide, n'absorbe ni ne dégage de chaleur. D'ailleurs, l'Optique de Young et de Fresnel, en niant les corpuscules lumineux de Newton, en rendant à la lumière le caractère de mouvement vibratoire que lui avaient attribué Huygens et Malebranche, remettait en faveur les doctrines de Descartes et de ses successeurs; elle ruinait les hypothèses émissionnistes, empruntées aux anciens atomistes et à Gassendi. Aussi Sadi Carnot écrivait-il déjà : « La chaleur est le résultat d'un mouvement »; puis, définissant avec précision l'équivalent mécanique de la chaleur, indiquant les diverses méthodes qui peuvent servir à le mesurer, il en donnait une première évaluation numérique.

Sadi Carnot mourut en 1832, mais ses notes demeurèrent inédites jusqu'en 1878, laissant à Robert Mayer la gloire de publier le premier, en 1842, une définition et une évaluation de l'équivalent mécanique de la chaleur.

La découverte de Mayer n'était pas inspirée par l'opinion que la chaleur est un mouvement moléculaire, car l'illustre médecin de Heilbronn rejetait cette supposition; en revanche, cette hypothèse fut le stimulant des recherches poursuivies par ses continuateurs, Joule et Colding; elle imprégnait les pages qu'en 1850 Clausius consacrait à l'énoncé précis du *Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail*.

Cet énoncé peut être aujourd'hui dégagé de toute hypothèse touchant la nature de la chaleur. Rappelons cet énoncé et, pour éviter toute complication inutile, convenons d'évaluer la chaleur en *unités mécaniques*, c'est-à-dire de multiplier toute quantité de chaleur par l'équivalent mécanique de la chaleur.

Chaque état du système matériel que l'on se propose d'étudier correspond à une valeur bien déterminée d'une certaine grandeur, l'*énergie interne* de ce système; lorsque le système change de forme ou de densité, lorsqu'il s'échauffe ou se refroidit, lorsqu'il passe de l'un des états solide, liquide, gazeux à l'autre, lorsqu'il est le siège d'une réaction chimique, lorsqu'il s'électrise ou s'aimante, son énergie interne change de valeur; en revanche, elle demeure la même, que le système soit en repos ou en mouvement, que la vitesse de chacune des parties qui le composent soit petite ou grande.

Lorsque le système éprouve une modification, la force vive et l'énergie interne croissent chacune d'une certaine quantité; il se produit un certain dégagement ou une certaine absorption de chaleur; enfin, les forces que les corps étrangers exercent sur le système effectuent un certain travail. *Si, du*

[1] LAVOISIER et LAPLACE : *Mémoire sur la Chaleur*, lu à l'Académie des Sciences le 18 juin 1783.

travail externe, nous retranchons l'accroissement de la force vive et l'accroissement de l'énergie interne, nous obtenons la quantité de chaleur dégagée. Tel est l'énoncé du Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail.

Quelle que soit l'origine que l'on veuille attribuer à ce principe, qu'on le regarde ou non comme lié à l'hypothèse qui fait de la chaleur un mode du mouvement, on doit le tenir pour un des plus fermes soutiens de la Physique actuelle. Si l'on veut réduire tous les phénomènes physiques à la figure, au mouvement, à la masse et à la force, on doit tout d'abord donner une explication mécanique du Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail.

La besogne, d'ailleurs, est aisée; l'interprétation mécanique de ce principe est contemporaine de sa découverte; Helmholtz en 1847, Clausius en 1850, la formulaient d'une manière précise.

Considérons d'abord un système qui paraît en équilibre. Les molécules qui le composent sont animées d'un mouvement de si petite amplitude qu'il est indiscernable; mais ce mouvement est d'une très grande rapidité; tout en agitant les molécules en tout sens, d'une manière désordonnée, ce mouvement laisse invariable l'état moyen du système, qui est un état d'*équilibre statistique*. A ces *mouvements stationnaires*, comme les nomme Clausius, correspond une certaine force vive moyenne.

Si le système étudié paraît être non plus en équilibre, mais en mouvement, les molécules ne sont plus exclusivement animées de mouvements stationnaires; le mouvement réel qui entraîne chacune d'elles s'obtient en composant le mouvement stationnaire et le mouvement sensible.

Ce mouvement réel correspond à une certaine force vive. En général, quand on compose entre eux deux mouvements, il n'est pas vrai que la force vive du mouvement résultant soit égale à la somme des forces vives des mouvements composants; il n'est donc pas exact que la force vive totale d'un système soit, à chaque instant, la somme de la force vive des mouvements stationnaires et de la force vive des mouvements sensibles.

Mais, dans les mouvements sensibles que nous avons à étudier, la vitesse de chaque point matériel varie graduellement, en général; en un temps qui semble très court à nos moyens de percevoir, la variation de cette vitesse est aussi très petite; au contraire, dans ce même temps, la vitesse, qui, dans le mouvement stationnaire, anime le même point matériel, a changé de sens un nombre immense de fois; calculée pour un tel intervalle de temps, la valeur moyenne de chacune de ses composantes diffère extrêmement peu de zéro; dès lors, une démonstration tout élémentaire permet d'affirmer que la force vive moyenne du système, prise pendant le même temps, est la somme de la force vive des mouvements sensibles et de la force vive moyenne des mouvements stationnaires.

Les molécules qui composent le système exercent les unes sur les autres des actions attractives ou répulsives; ces actions intérieures admettent un potentiel; grâce aux mouvements stationnaires qui agitent les molécules, la valeur de ce potentiel varie sans cesse, même dans un système qui paraît en équilibre; mais, en un tel système, elle oscille entre des limites très étroites autour d'une valeur moyenne qui caractérise l'état d'équilibre statistique du système. Si cet état éprouve un changement sensible, les forces intérieures effectuent un travail qui diffère peu de la diminution subie par ce potentiel moyen.

Les corps extérieurs qui entourent le système exercent sur lui certaines actions, et, durant un laps de temps donné, ces actions effectuent un certain travail.

Ce travail comprend d'abord le travail qu'il faudrait effectuer pour donner, dans le même temps, le même déplacement sensible aux masses sensibles, si celles-ci n'étaient pas intérieurement agitées de mouvements stationnaires; mais il comprend aussi autre chose; sans analyser la nature de ce second contingent, nous le pouvons nommer la *quantité de chaleur* que le système a *reçue* des corps extérieurs; en changeant le signe de cette grandeur, nous aurons la *quantité de chaleur dégagée* par le système.

La Dynamique nous fournit ce théorème : La somme du travail externe et du travail interne est égale à l'accroissement de la force vive totale du système. Usons-en, et nous obtiendrons la proposition suivante :

La somme du travail externe et de la diminution subie par la force vive sensible équivaut à une somme de trois termes :

1° *La quantité de chaleur dégagée;*

2° *L'accroissement du potentiel moyen des actions intérieures;*

3° *L'accroissement de la force vive moyenne des mouvements stationnaires.*

Il nous suffit maintenant de nommer *énergie interne* du système la somme du potentiel moyen des actions intérieures et de la force vive moyenne du mouvement stationnaire pour reconnaître l'énoncé du Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail.

Ce principe n'est pas le seul qui soit invoqué dans la théorie de la chaleur; celle-ci ne parvient à son entier développement qu'en invoquant un autre principe: le *Principe de Sadi Carnot et de Clausius.*

A la découverte de ce dernier principe, les suppositions sur la nature mécanique de la chaleur

n'ont nullement contribué; des postulats, que l'induction avait tirés du sein des vérités d'expérience, ont conduit Sadi Carnot à l'énoncer sous une forme qui impliquait l'hypothèse du Calorique; plus tard, Clausius l'a modifié de telle manière qu'il pût s'accorder avec le Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail; les énoncés divers que ce grand physicien en a donnés sont indépendants de tout ce qui a été tenté pour expliquer les propriétés de la chaleur par les lois de la force et du mouvement.

Ces énoncés font jouer à la température un rôle essentiel, qui donne à cette propriété physique une physionomie tout à fait à part. Ils postulent, en effet, l'existence d'une certaine grandeur dont la valeur est fixe pour un degré déterminé de chaleur, en quelque corps que ce degré de chaleur soit réalisé; cette valeur s'élève, d'ailleurs, au fur et à mesure que ce corps, quel qu'il soit, devient plus chaud. Cette grandeur est la *température absolue*.

Lorsqu'un système éprouve une modification infiniment petite, il dégage une certaine quantité de chaleur qui est, elle aussi, infiniment petite; le quotient de cette quantité de chaleur par la température absolue du système est la *valeur de transformation* du changement d'état infiniment petit. Une modification finie est une succession de modifications infiniment petites, dont chacune a une valeur de transformation; la somme de ces valeurs de transformation est la valeur de transformation de la modification totale.

Ces définitions permettent de formuler le Principe de Sadi Carnot et de Clausius, dont voici l'énoncé le plus général :

La valeur de transformation d'une modification est égale à la diminution que subit, par cette modification, une certaine grandeur, liée à toutes les propriétés qui fixent l'état du système, mais indépendante de son mouvement. A cette grandeur, Clausius a donné le nom d'*Entropie* du système.

L'application de ce principe aux gaz parfaits conduit de prime abord à une conclusion digne de remarque : La température absolue ici considérée est identique à la température que, dès 1702, Amontons lisait sur son thermomètre; à celle dont, en 1738, Daniel Bernoulli proposait l'emploi; à celle enfin qu'en 1812, Desormes et Clément nommaient *température absolue*.

Comme la formule de Carnot, la formule de l'équivalence entre la chaleur et le travail peut, nous l'avons vu, être rendue sauve de toute hypothèse sur la structure des corps et la nature de la chaleur. Sur ces deux formules, qui laissent indéterminée la nature de la chaleur, on peut construire tout un corps de doctrine, indépendant des divers systèmes d'explications mécaniques; cette doctrine n'aura pas l'ambition de réduire à la figure, au mouvement, à la masse et à la force tous les phénomènes qu'elle analyse; mais, en bornant ses prétentions, elle assurera à ses déductions une grande sécurité. Telle est la *Thermodynamique*, constituée en doctrine autonome par Clausius et par G. Kirchhoff, et accrue par d'incessantes découvertes.

Parmi les physiciens, il en est qui se contentent de savoir moins, afin de savoir mieux, qui se résignent à ignorer le fond des choses pourvu que les phénomènes soient décrits avec précision et reliés les uns aux autres avec rigueur; ceux-là ont adopté cette délimitation restreinte de la théorie de la chaleur. Mais ceux qui veulent tout expliquer par des « raisons de Méchanique » ne sauraient accepter comme définitive cette forme donnée à la Thermodynamique; elle n'est pour eux qu'un acheminement vers la réduction des lois de la chaleur aux lois du mouvement.

Or, nous l'avons vu, le Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail se réduit sans difficulté à la loi de la force vive; pour faire de la Thermodynamique tout entière un chapitre de la Mécanique, il suffit de tirer le Principe de Carnot des théorèmes de la Dynamique et des suppositions qui ont été faites sur la nature de la chaleur; à partir de ces prémisses, il suffit de prouver qu'en divisant par la température absolue la quantité de chaleur dégagée en une modification infinitésimale, on obtient la diminution d'une Entropie, fonction du seul état du système.

La signification même de la proposition à démontrer est-elle bien exactement fixée? L'interprétation du Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail a précisé le sens que la Théorie mécanique attribue à la quantité de chaleur dégagée par un système; mais quelle combinaison de masses et de mouvements doit-on substituer à la température absolue?

Lorsqu'il s'agit de gaz parfaits, la Théorie cinétique conduit à identifier la température absolue avec la force vive moyenne des mouvements stationnaires. Il paraît bien naturel d'étendre cette assimilation à tous les corps. Aussi, dès les débuts de la Théorie mécanique de la chaleur, Clausius et Rankine n'ont-ils pas hésité à regarder cette assimilation comme légitime. La proposition à démontrer peut alors, en langage algébrique, s'énoncer ainsi : *La force vive moyenne des mouvements stationnaires est diviseur intégrant de la quantité de chaleur dégagée.* Tel est le théorème que M. Boltzmann en 1866, que Clausius en 1871, s'efforcèrent de justifier.

Lorsqu'il s'agit d'interpréter le premier principe de la Thermodynamique, on peut laisser à la

nature du mouvement stationnaire qui anime les atomes une très large indétermination. Pour démontrer le théorème que nous venons d'énoncer, ni M. Boltzmann, ni Clausius ne purent conserver une telle indétermination; ils durent adopter des hypothèses plus restreintes; ils supposèrent que chacun des atomes d'un corps en équilibre apparent parcourt une trajectoire fermée ou à peu près fermée et que tous ces atomes décrivent leur orbite dans le même temps; ils admirent que les forces agissant sur chaque atome dépendent exclusivement de la position de cet atome, ce qui arriverait si elles émanaient de centres immobiles, mais ce qui ne peut être si elles résultent des actions réciproques d'atomes en mouvement. Ces restrictions excluent les systèmes dont les points se meuvent en tout sens, d'une allure désordonnée; elles excluent également les systèmes dont les particules agissent les unes sur les autres; elles rejettent donc les gaz parfaits, tels que les imaginent les théories cinétiques de Clausius et de Maxwell; par là, elles diminuent grandement l'intérêt offert par l'analyse de M. Boltzmann et de Clausius.

A cette analyse, une autre objection, plus grave, vient s'opposer.

Dans le domaine de la Thermodynamique pure, un système ne peut être en équilibre que s'il a même température en tous ses points; si donc on veut, par la réunion de deux systèmes en équilibre, obtenir un nouveau système en équilibre, il sera nécessaire que les deux systèmes accouplés aient même température.

Traduisons cette proposition de Thermodynamique en langage de la Théorie mécanique de la chaleur, et cela en adoptant les suppositions de Clausius et de M. Boltzmann; elle prendra la forme suivante : Pour que la réunion de deux systèmes en équilibre statistique donne un nouveau système en équilibre statistique, il faut que les deux premiers systèmes soient animés de mouvements stationnaires ayant même force vive moyenne. Si la force vive moyenne peut être légitimement prise comme mesure de la température absolue, cette proposition doit découler des principes de la Mécanique et des hypothèses faites sur le mouvement stationnaire qui constitue la chaleur. Or, cette proposition essentielle, non seulement Clausius et M. Boltzmann ne l'ont point démontrée, mais on n'entrevoit point de méthode propre à la tirer de leurs formules.

Cette difficulté, dont la solution ne se laisse ni deviner, ni même soupçonner, contribua sans doute à détourner les géomètres des tentatives qui ont pour but de relier la Théorie de la chaleur à la Dynamique. Beaucoup d'entre eux, laissant inexpliqués les principes de la Thermodynamique, se contentèrent de les appliquer avec un succès toujours croissant aux divers problèmes de la Physique. En fait, nous voyons l'explication mécanique du Principe de Carnot à peu près délaissée jusqu'en 1884, époque où Helmholtz s'y essaye à son tour.

Helmholtz, il est vrai, n'aborde plus le problème avec les longs espoirs et les vastes pensées qui animaient M. Boltzmann et Clausius; il ne s'agit plus, pour lui, de déduire toutes les lois de la Thermodynamique des seuls principes de la Dynamique appliqués à un certain mouvement stationnaire, et de présenter cette réduction comme l'*explication mécanique* des effets analysés par la théorie de la chaleur; il s'agit simplement de découvrir, dans l'étude des *systèmes monocycliques*, certains mécanismes simples dont le mouvement soit régi par des équations *analogues* aux relations thermodynamiques. Laissons Helmholtz lui-même nous définir l'objet de ses recherches[1].

« Mon écrit a eu pour objet de prouver qu'il existe des mouvements dont la nature mécanique est entièrement accessible à notre entendement et dans lesquels la transformation du travail en ses équivalents est soumise à des conditions toutes semblables à celles que le second Principe impose au mouvement calorifique. Le mouvement calorifique se présente à nous, de prime abord, comme un mouvement d'espèce inconnue; si l'on excepte le cas unique traité par la Théorie cinétique des gaz, les hypothèses que l'on a pu faire jusqu'ici à son sujet sont extrêmement vagues. En un tel état de cause, j'ai jugé toute naturelle la méthode suivante : Prendre les propriétés les plus générales du mouvement calorifique qui nous soient connues et chercher sous quelles conditions très larges ces propriétés se retrouveraient en d'autres classes bien connues de mouvements. Mes recherches dans ce sens m'ont fait découvrir les analogies qui existent entre le mouvement calorifique et les mouvements monocycliques que j'ai étudiés. Mais j'ai constamment mis en évidence cette vérité, que j'avais énoncée dès le début : A parler rigoureusement, le mouvement calorifique ne peut pas être monocyclique. Aussi, je n'ai jamais émis la prétention d'avoir donné une *explication* du second Principe de la Thermodynamique. »

M. Boltzmann, exposant les théories de Helmholtz, exprime[2], sous une forme encore plus précise, l'idée contenue dans ce passage : « Ces théories,

---

[1] H. von Helmholtz : Studien zur Statik monocyklischer Systeme (Zweite Fortsetzung), *Sitzungsberichte der Berliner Akademie*, 10 juillet, 1884, p. 757; *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. III, p. 176.

[2] L. Boltzmann : *Vorlesungen über Maxwell's Theorie der Elektricität und des Lichtes.* Ite Theil, p. 13, Leipzig, 1891.

dit-il, reposent sur des hypothèses qui n'ont pas la prétention d'exprimer la véritable constitution des éléments primordiaux et des forces primitives de la Nature; elles traitent simplement de certains mécanismes dont la marche présente, sous un rapport ou sous un autre, une grande analogie avec le jeu des phénomènes naturels. Plus cette analogie est frappante, plus sont nombreuses les particularités qu'elle reproduit, plus le mécanisme employé est utile. Selon le mot de Maxwell, ce mécanisme est une *illustration dynamique.* »

Donnons une idée succincte de la théorie des systèmes monocycliques.

Observons une toupie qui *dort*; elle paraît immobile; en réalité, il n'en est rien; elle est animée d'un mouvement de rotation extrêmement rapide; chacune des masses élémentaires qui la composent quitte, à chaque instant, la position qu'elle occupe dans l'espace pour en aller occuper une autre; mais, aussitôt, elle est remplacée par une masse semblable, en sorte que l'œil ne perçoit aucun changement. Cette toupie qui dort nous offre l'image de ce que l'on nomme, en Mécanique, un système en *régime permanent*, de ce que Helmholtz appelle un *système monocyclique en équilibre.* Entre un tel système et ceux qu'étudie la Théorie mécanique de la chaleur, nous entrevoyons déjà une analogie : l'équilibre que nous observons est un équilibre apparent, un *équilibre statistique;* sous cet équilibre, se cachent des *mouvements stationnaires* très rapides.

Les mouvements stationnaires constitués par la rotation de notre toupie correspondent à une force vive considérable, qui figure ici l'énergie interne; cette figure de l'énergie devrait être complétée par l'addition du potentiel interne si des forces s'exerçaient entre les diverses parties du système.

Au lieu de supposer que la toupie garde, dans l'espace, une position invariable, nous pouvons imaginer qu'elle se déplace lentement, que son axe change de position et de direction; son mouvement réel se compose alors de deux sortes de mouvements : un mouvement de rotation très rapide qui ne produit aucun changement apparent de position, et un mouvement très lent par rapport au précédent; ce dernier mouvement seul est perceptible; tandis que le premier figure les mouvements stationnaires dont la Théorie mécanique de la chaleur postule l'existence, le second représente les changements observables d'état.

Concevons qu'une action extérieure intervienne pour produire un de ces changements; elle incline lentement l'axe de la toupie, elle modifie la disposition de quelqu'une de ses parties. Le travail qu'effectue cette action extérieure pour produire ce changement sensible n'est nullement égal au travail qu'elle aurait effectué en modifiant de la même manière la position ou la forme de la toupie privée de tout mouvement de rotation; ce dernier travail n'est qu'une partie du premier; il représente ici ce que la Théorie mécanique de la chaleur nomme le *travail externe.* Mais une autre partie du travail effectué par les actions extérieures n'a pas eu d'emploi visible; il a lutté contre les forces d'inertie dues au mouvement de rotation de la toupie; il a modifié la force vive de ce mouvement; pour suivre notre analogie, nous dirons qu'il représente la *quantité de chaleur absorbée* par le système.

En analysant le mouvement d'un système monocyclique tel que notre toupie, nous y discernons des grandeurs propres à simuler l'énergie interne, le travail externe, la quantité de chaleur dégagée; il suffit, d'ailleurs, de faire appel à la loi dynamique de la force vive pour obtenir entre ces grandeurs une relation semblable à l'équation d'équivalence entre la chaleur et le travail. Peut-on également les faire entrer dans une relation analogue à celle que donne le Principe de Carnot et de Clausius? Prenant le rapport de la quantité de chaleur dégagée en une modification élémentaire à un diviseur intégrant convenable, peut-on égaler ce quotient à la diminution subie par une certaine fonction qui jouerait le rôle d'*Entropie*?

On peut prouver l'existence d'un tel facteur intégrant, à la condition de restreindre la généralité des systèmes monocycliques étudiés; malheureusement, il est difficile d'interpréter dans le sens de la Théorie mécanique de la chaleur les conditions restrictives auxquelles on doit faire appel. On peut même, en resserrant encore les restrictions, faire que ce diviseur intégrant soit la force vive des mouvements stationnaires et, par là, obtenir un rapprochement plus intime entre la statique des systèmes monocycliques et la théorie mécanique de la chaleur de M. Boltzmann et de Clausius.

Ici, nous retrouvons une question qui a déjà sollicité notre attention.

Pour que la réunion de deux systèmes thermodynamiques en équilibre fournisse un nouveau système en équilibre, il faut que les deux systèmes composants aient même température; cette température commune est alors celle du système résultant. Si nous voulons trouver des systèmes monocycliques dont les propriétés puissent *illustrer* les équations thermodynamiques; si nous voulons, en particulier, que le diviseur intégrant de la quantité de chaleur dégagée soit le *modèle mécanique* de la température absolue, ces systèmes monocycliques devront vérifier la proposition que voici : En réunissant d'une manière convenable deux systèmes monocycliques de même diviseur intégrant, on obtient un nouveau système monocyclique qui

admet pour diviseur intégrant le diviseur intégrant commun des deux premiers.

L'étude de cet *accouplement isomore* (ἴσον μόριον, égal dénominateur) a longuement occupé Helmholtz; il a donné l'expression analytique des conditions hors desquelles l'accouplement isomore n'aurait pas lieu; mais il est bien difficile de saisir un rapprochement entre ces conditions et les hypothèses de la Théorie mécanique de la chaleur.

Ainsi, pour définir les systèmes monocycliques dont les propriétés sont capables d'imiter les relations thermodynamiques, Helmholtz est obligé de les soumettre à des conditions qui expriment certains caractères analytiques des fonctions employées; ces conditions, il est bien difficile de les traduire en langage mécanique, et plus difficile encore d'en tirer quelque enseignement précis sur les suppositions qu'il conviendrait de faire touchant la structure des atomes ou la nature du mouvement calorifique. Dès lors, il est permis de se demander si cette analogie entre les lois des systèmes monocycliques et les équations de la Thermodynamique a bien son fondement dans la nature des choses.

Entre les équations de la Thermodynamique et les propriétés mécaniques des systèmes étudiés par M. J. Willard Gibbs[1], l'analogie est certainement plus étroite et susceptible d'être poussée plus loin. Les hypothèses qui servent de point de départ aux recherches de M. Gibbs sont une sorte de généralisation de celles qui ont servi de base à la Théorie cinétique des gaz; ces hypothèses sont développées avec une rigueur et une clarté admirables.

Dans un certain espace sont répartis des corps en nombre immense, variables de forme et de position. Tous ces corps, qui sont les *éléments* du système étudié, sont de même nature; ils pourraient être ramenés à un stade où ils seraient tous identiques; mais, au moment où nous les étudions, ils diffèrent les uns des autres par leur état, car ils sont diversement placés, orientés et déformés, et par leur mouvement, car ils ne sont pas tous animés des mêmes vitesses. A la nature de ces corps, on laisse une large indétermination. Ce peuvent être de simples points matériels; la position de chacun d'eux dépend seulement alors de trois coordonnées. Ce peuvent être des atomes rigides; pour connaître la position d'un tel atome, il faut connaître les valeurs de six variables. Ce peuvent être des molécules, des assemblages d'atomes plus ou moins nombreux, plus ou moins divers, capables de se déplacer les uns par rapport aux autres; pour déterminer la figure et la position d'un tel assemblage, il faut se donner un nombre de variables plus ou moins grand, mais supérieur à six. Une seule condition est requise des éléments qui forment le système matériel étudié : c'est qu'un tel élément soit entièrement connu de figure et de position lorsqu'on connaît les valeurs d'un nombre plus ou moins grand, mais limité, de variables indépendantes.

Ces éléments sont soumis à des forces. Les forces qui agissent sur un élément dépendent exclusivement des variables qui déterminent cet élément; telles seraient des forces émanées de corps extérieurs invariables. Une telle hypothèse exclut évidemment l'hypothèse d'actions réciproques entre les éléments; comme on ne suppose pas non plus ces éléments capables de se choquer, la théorie de M. Gibbs rejette en dehors de son domaine les diverses formes de théorie cinétique des gaz proposées par Clausius et par Maxwell. Elle se rapproche par là des essais tentés par M. Boltzmann et par Clausius pour réduire le principe de Carnot au mécanisme.

Supposons établi l'*équilibre statistique* du système. Une foule d'états distincts, de mouvements distincts y sont simultanément réalisés; à chaque instant, chacun des éléments quitte son état et son mouvement; mais un autre élément prend sensiblement, au même instant, l'état et le mouvement que celui-là vient de perdre.

Comment tous ces états et tous ces mouvements se répartissent-ils entre les corps innombrables qui forment le système? Combien y a-t-il, à un instant donné, de corps dont l'état soit compris entre deux limites données, dont le mouvement soit également compris entre deux limites données? Tel est le premier problème que le géomètre ait à se poser. Il est analogue à cet autre, familier aux calculateurs des Compagnies d'assurances : Dans une contrée dont la population est stationnaire et qui compte un nombre déterminé d'habitants, combien y a-t-il d'hommes dont l'âge soit compris entre deux limites données? Les méthodes du Calcul des probabilités tirent des tables de mortalité la solution du dernier problème; elles tirent des principes de la Mécanique la solution du premier. Cette solution, Maxwell et M. Boltzmann l'avaient déjà donnée dans les circonstances où se place la théorie cinétique des gaz; M. Gibbs la développe pour les systèmes très généraux qu'il se propose d'étudier.

La loi de distribution des divers états et des divers mouvements au sein d'un système en équilibre statistique n'est soumise qu'à des conditions très larges; parmi toutes les formes, en nombre infini, dont elle est susceptible, il en est une qui se pré-

[1] J. Willard Gibbs : *Elementary Principles in Statistical Mechanics*; New-York et Londres, 1902.

sente comme douée de propriétés algébriques particulièrement simples. Cette loi de distribution, M. Gibbs la nomme *distribution canonique*. La loi de distribution que le Théorème de Maxwell impose aux vitesses avec lesquelles se meuvent les atomes des gaz est un cas très particulier de distribution canonique.

M. Gibbs prend les systèmes à distribution canonique pour objet propre de son analyse. Dans la formule qui régit une distribution canonique, intervient une certaine grandeur, le *module de distribution*, qui va jouer, dans les analogies thermodynamiques, un rôle essentiel; c'est le module de distribution qui, dans ces analogies, représentera la température absolue. Dans le cas particulier où les corps qui forment le système se réduisent à des points matériels, la loi de distribution canonique se réduit à celle que Maxwell a énoncée; le paramètre de distribution est alors identique à la force vive moyenne; si donc on voulait simplement comparer les corps étudiés par la Thermodynamique à des systèmes de points matériels libres, on devrait prendre la force vive moyenne du mouvement moléculaire comme mesure de la température absolue; c'est, en effet, ce qu'ont admis M. Boltzmann et Clausius. Mais, si les molécules ne se réduisent pas à de simples points matériels, si elles se compliquent, la force vive moyenne ne sera plus le paramètre de distribution canonique, elle ne représentera plus la température absolue.

L'analogie entre le module de distribution et la température absolue s'affirme, d'abord, par les propositions suivantes, qui marquent nettement la supériorité de l'analyse de M. Gibbs sur les tentatives de ses prédécesseurs :

Lorsqu'on accouple deux systèmes en équilibre statistique, doués tous deux d'une distribution canonique, le système résultant ne peut être en équilibre statistique que si les deux systèmes composants ont même module de distribution; le système résultant admet alors une distribution canonique de même module que les systèmes composants. Si les deux systèmes composants n'ont pas même module de distribution, leur accouplement rompt leur état d'équilibre et les oblige tous deux à se modifier; celui qui admettait le plus grand module de distribution perd de l'énergie; l'autre en gagne.

Toutefois, les équations qui régissent notre système en équilibre statistique ne sont pas absolument semblables aux formules thermodynamiques; les écarts dépendent du nombre de variables qu'il faut connaître pour déterminer la forme et la position de chacun des éléments du système; ces écarts sont d'autant plus petits que le nombre des variables est plus grand; on peut donc, aux recherches de M. Gibbs, donner la conclusion suivante : Les équations de la Thermodynamique représentent la forme limite des lois qui régissent l'équilibre statistique d'un système à distribution canonique lorsque l'on fait croître au-delà de toute limite le nombre des variables nécessaires pour définir chacun des éléments de l'ensemble.

Cette conclusion des recherches de Gibbs est fort inattendue. Elle montre que les physiciens désireux d'expliquer les phénomènes par des « raisons de Méchanique » doivent renoncer aux hypothèses qui attribuent aux atomes une constitution très simple, qui en font des points matériels ou des solides rigides; entre les propriétés des mécanismes qu'ils imaginent et les lois naturelles, ils ne peuvent espérer une concordance approchée qu'en assimilant les atomes à des assemblages fort compliqués; s'ils désirent non pas une concordance approchée, mais un accord rigoureux, il leur faudra concevoir des atomes qui dépendent d'un nombre illimité de variables, de petits corps continus et déformables, tels que seraient de petites masses fluides; la considération d'atomes fluides nous éloignerait fort des principes chers aux atomistes.

La théorie de M. J. Willard Gibbs est assurément la plus puissante tentative qui ait été faite jusqu'ici pour réduire les lois de la Thermodynamique aux principes de la Mécanique; il s'en faut, cependant, qu'elle ait poussé cette réduction au point où il n'y a plus rien à souhaiter; plus d'une question se pose naturellement, qui demeure jusqu'ici sans réponse. Voici la première :

Les ensembles à distribution canonique sont définis par un caractère purement algébrique, par la forme de l'équation qui régit la distribution des divers états et des divers mouvements au sein du système en équilibre statistique. A ce caractère algébrique, est-il possible de faire correspondre un caractère mécanique? Peut-on dire comment doivent être constitués les corps élémentaires qui forment un ensemble, à quelles forces ils doivent être soumis, pour que cet ensemble en équilibre statistique affecte une distribution canonique?

Cette question est encore sans réponse; il faudrait cependant qu'elle fût résolue avant que l'on pût tenter de répondre à cette seconde question :

Si les ensembles à distribution canonique ont attiré l'attention du géomètre, c'est uniquement parce que leur étude algébrique s'annonçait particulièrement simple et facile. Pour quelle raison les systèmes étudiés en Thermodynamique se rapprochent-ils des ensembles à distribution canonique plutôt que d'autres ensembles? Les propriétés d'un ensemble en équilibre statistique, mais où la distribution ne serait pas canonique,

différeraient sans doute beaucoup des lois de la Thermodynamique ; comment se fait-il que la Nature ne nous présente aucun système doué de telles propriétés?

Tant que cette question n'aura pas reçu de réponse satisfaisante, il sera difficile de regarder comme complète l'*explication mécanique* des principes de la Thermodynamique. Cette explication, en tout cas, semble encore bien lointaine; tout ce qu'il est logiquement permis d'affirmer, c'est qu'il est possible sinon de construire mécaniquement, au moins de définir par certaines conditions algébriques, des ensembles de corps dont les mouvements stationnaires sont régis par des formules analogues aux équations de la Thermodynamique. Pour reprendre un mot que M. L. Boltzmann empruntait à Maxwell, *la Théorie mécanique de la chaleur ne fournit pas une explication mécanique des principes de la Thermodynamique; elle en donne seulement une illustration dynamique.*

III. — Les Théories mécaniques de l'Électricité.

Les tentatives pour expliquer mécaniquement les phénomènes électriques sont innombrables; l'étude de ces tentatives suggère des réflexions semblables à celles que l'on peut tirer des théories mécaniques de la chaleur ; ce sont ces réflexions qui importent à notre objet bien plus que le détail même des explications; nous n'entreprendrons donc pas de les passer toutes en revue et nous nous attacherons seulement à celles qui ont le plus de vogue, aux théories de Maxwell.

Nous devons à Maxwell deux tentatives, menées par des méthodes très différentes vers l'explication mécanique des phénomènes électriques. La première en date est celle qu'expose le Mémoire intitulé : *On physical Lines of Force*; elle consiste à imaginer de toutes pièces un mécanisme capable d'expliquer les effets électrostatiques et électromagnétiques.

Maxwell se figure un corps non conducteur — dans cette tentative, il n'en considère pas d'autre — à l'image d'un rayon de miel ; les parois de cire sont remplacées par des cloisons que forme un solide isotrope, parfaitement élastique; le miel est figuré par un fluide parfait qu'animent des mouvements tourbillonnaires extrêmement rapides ; les déformations que subissent les parois élastiques, les pressions et les tensions que ces déformations engendrent, expliquent les phénomènes que nous attribuons à la polarisation des diélectriques; les mouvements tourbillonnaires du liquide intracellulaire, les forces d'inertie qui en résultent, rendent raison des effets que nous attribuons à l'aimantation.

Ne nous attardons pas à discuter ici les insuffisances de cette explication, les fautes de calcul ou de raisonnement que Maxwell y a semées, les incompatibilités entre les résultats obtenus et les lois très certaines de l'électricité et du magnétisme; cette discussion nous l'avons détaillée ailleurs[1]. Aussi bien, Maxwell fut, sans doute, peu satisfait du mécanisme qu'il avait imaginé, car il l'abandonna bientôt pour aborder par une tout autre voie l'explication mécanique des phénomènes électriques[2]. Voici en quels termes il définit lui-même cette nouvelle méthode[3] :

« Dans ce Traité, je me propose de décrire les plus importants de ces phénomènes, de montrer comment on peut les soumettre à la mesure et de rechercher les relations mathématiques qui existent entre les quantités mesurées. Ayant ainsi obtenu les données d'une théorie mathématique de l'Électromagnétisme et ayant montré comment cette théorie peut s'appliquer au calcul des phénomènes, je m'efforcerai de mettre en lumière, aussi clairement qu'il me sera possible, les rapports qui existent entre les formes mathématiques de cette théorie et celles de la science fondamentale de la Dynamique; de la sorte, nous serons, dans une certaine mesure, préparés à définir la nature des phénomènes dynamiques parmi lesquels nous devons chercher des analogies ou des explications des phénomènes électromagnétiques. »

Comment Maxwell entend suivre la méthode qu'il vient de définir, c'est ce que nous allons examiner[4].

Reportons-nous à ce qui a été dit, en notre précédent article, de la Mécanique analytique de Lagrange et rappelons-nous de quelle manière elle forme les équations du mouvement d'un système.

Elle se sert, pour représenter l'état de ce système, d'un certain nombre de variables indépendantes $\alpha, \beta, \dots$; les premières dérivées de ces variables par rapport au temps sont les *vitesses généralisées* ; leurs secondes dérivées sont les *accélérations généralisées*.

Une fois choisies les variables indépendantes, elle a seulement à considérer trois expressions mathématiques qui, par des calculs réguliers, lui fournissent les équations qu'elle veut obtenir. Ces trois expressions sont :

---

[1] P. Duhem : *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell ; Essai historique et critique*; Paris, 1902.

[2] J. Clerk Maxwell : A dynamical Theory of the electromagnetic Field. *London Philosophical Transactions*, vol. CLV, 1864. *Scientific Papers*, vol. I, p. 526. — *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, traduit en français par G. Seligman-Lui, 4e partie, chapitres v, vi et vii ; t. II, p. 228-262.

[3] J. Clerk Maxwell : *Traité d'Électricité et de Magnétisme*. Préface de la 1re édition.

[4] Voir, à ce sujet : H. Poincaré, *Électricité et Optique*, 1re édition, t. I, Introduction; Paris, 1890; 2e édition, Introduction; Paris, 1901.

1° *Le travail virtuel des forces extérieures*; la connaissance de ce travail équivaut à la connaissance des forces extérieures généralisées qui correspondent aux diverses variables indépendantes; si l'état des corps étrangers est donné, ces forces généralisées dépendent seulement des variables qui fixent l'état du système et point des vitesses généralisées, ni des accélérations généralisées.

2° *Le potentiel interne*; c'est une grandeur entièrement définie par la connaissance des variables indépendantes, sans aucune intervention des vitesses ou des accélérations généralisées.

3° *La force vive;* cette dernière grandeur ne dépend plus seulement des variables indépendantes, mais encore des vitesses généralisées; par rapport à ces dernières, elle est homogène et du second degré; enfin, elle ne peut être que nulle ou positive.

Quelle marche devrons-nous suivre si nous voulons prouver qu'un ensemble de phénomènes, par exemple l'ensemble des phénomènes électromagnétiques, est susceptible d'une explication mécanique?

Nous admettrons, tout d'abord, que la méthode expérimentale a représenté par des grandeurs mesurables toutes les propriétés qui se manifestent dans les phénomènes étudiés, qu'elle a exprimé sous forme d'équations entre ces diverses grandeurs toutes les lois auxquelles obéissent ces phénomènes.

Prenant alors l'ensemble des grandeurs mesurables par lesquelles sont représentées les propriétés du système étudié, nous les séparerons en deux catégories : les unes seront regardées comme des variables indépendantes; les autres seront des vitesses généralisées correspondant aux variables dont nous venons de parler ou bien à d'autres variables qui ne se sont pas directement révélées à l'expérimentateur.

Ainsi, les grandeurs qui fixent, dans l'espace, la position des divers corps, les composantes de la polarisation diélectrique sur chacun d'eux seront regardées comme des variables indépendantes ; les vitesses des mouvements sensibles correspondent aux premières variables; les vitesses généralisées qui correspondent aux secondes variables sont ce que Maxwell nomme les *composantes du flux de déplacement*; sans être précisément des vitesses généralisées, les *composantes du flux de conduction* sont liées aux vitesses avec lesquelles varient les densités électriques.

Au moyen de ces diverses grandeurs, nous formerons deux combinaisons : l'une qui sera traitée comme *potentiel interne*, l'autre comme *force vive*; la première ne devra contenir que des variables indépendantes et point de vitesses généralisées; la seconde ne contiendra pas seulement des variables, mais encore des vitesses généralisées; par rapport à ces dernières, elle sera homogène et du second degré; enfin elle ne sera jamais négative.

Par exemple, nous compterons le *potentiel électrostatique* comme faisant partie du potentiel interne. Le *potentiel électrodynamique* dépend des intensités des courants de conduction et de déplacement, intensités que nous regardons comme des vitesses généralisées ou comme liées à ces vitesses; il est homogène et du second degré par rapport à ces intensités; enfin, il n'est jamais positif; nous le retrancherons de la force vive des mouvements sensibles pour avoir la force vive totale.

Donnons-nous le travail virtuel des actions extérieures auxquelles le système est soumis, et nous serons pourvus de tout ce qu'exige la méthode de Lagrange pour former régulièrement les équations du mouvement de notre système. Formons donc ces équations; si elles sont identiques à celles que la méthode inductive avait tirées de l'expérience, à celles qui expriment les lois de Coulomb, d'Ampère, de Faraday, de Lenz, de Neumann, de Weber, nous aurons prouvé que les phénomènes électrodynamiques sont susceptibles d'une explication mécanique.

Telle est la méthode imaginée et suivie par Maxwell[1].

L'explication des phénomènes électromagnétiques, ainsi ébauchée, se heurte à de graves objections; elle les rencontre particulièrement en étudiant les systèmes qui renferment des aimants.

Maxwell, reprenant l'analogie qu'Ampère avait mise en évidence, assimile chaque élément magnétique à un petit courant fermé ; l'intensité d'aimantation est alors une combinaison de vitesses généralisées; elle figure non pas dans le potentiel interne, mais dans la force vive. Malheureusement cette opinion attribue une forme inacceptable à l'énergie interne d'un système où se trouvent des aimants; ses conséquences sont inconciliables avec les effets calorifiques produits en une masse de fer doux qu'un courant aimante ou désaimante.

On peut éviter cette difficulté en regardant les composantes de l'aimantation non plus comme des combinaisons de vitesses généralisées, mais comme des variables indépendantes qui représentent un état de déplacement ou de déformation d'un certain milieu; elles sont alors analogues aux composantes de la polarisation diélectrique, et le potentiel magnétique figure dans le potentiel interne au même titre que le potentiel électrostatique. Mais,

[1] On trouvera de cette méthode un exposé très clair et très concis dans E. Sarrau : Sur l'application des équations de Lagrange aux phénomènes électrodynamiques et électromagnétiques. *Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 421, 1901.

s'il en est ainsi, les vitesses avec lesquelles varient les composantes de l'aimantation devraient figurer dans l'expression de la force vive, comme y figurent les composantes du flux de déplacement; la présence de ces vitesses dans la force vive devrait donner naissance à des forces d'inertie analogues aux forces électrodynamiques; or, aucune expérience n'a révélé jusqu'ici les actions produites par de tels *courants de déplacement magnétique.*

Sur ces objections, passons condamnation. Raisonnons comme si l'analyse de Maxwell était sans défaut.

Lorsque nous avons défini un potentiel interne et une force vive, lorsque, par la méthode de Lagrange, nous en avons tiré des équations qui s'accordent avec les lois expérimentales d'un groupe de phénomènes, en résulte-t-il que ce groupe de phénomènes soit mécaniquement expliqué ? Nous avons évidemment satisfait à des conditions nécessaires pour que ce groupe de phénomènes soit mécaniquement explicable; mais ces conditions sont-elles suffisantes ? De ce que le potentiel interne contient seulement les variables indépendantes, de ce que la force vive est homogène et du second degré par rapport aux vitesses généralisées, de ce qu'elle n'est assurément pas négative, pouvons-nous conclure avec certitude qu'il existe un certain groupement de masses et de forces, un certain mécanisme, admettant un tel potentiel et, surtout, une telle force vive ? La forme de cette dernière ne peut-elle, dans certains cas, exclure la possibilité d'un tel mécanisme ? Ainsi, dans le cas traité par Maxwell, le système est le siège de trois sortes de mouvements : les mouvements sensibles, les mouvements stationnaires qui constituent la chaleur, et les mouvements qui se manifestent à nous par les courants électriques; on a supposé que la force vive du système est la somme des forces vives de chacune de ces trois espèces de mouvements; est-il bien sûr que l'on puisse construire réellement un mécanisme animé de ces trois mouvements et dont la force vive jouisse d'une telle propriété ?

Il paraît imprudent de trancher d'un trait de plume semblables difficultés. Ce qu'on a trouvé de mieux, jusqu'ici, pour lever les objections de cette nature, c'est d'imaginer de toutes pièces des mécanismes simples dont le potentiel interne et la force vive offrent, dans leurs diverses particularités, une analogie plus ou moins étroite avec le potentiel, avec la force vive que l'on se propose d'étudier; c'est, en un mot, de construire des *modèles* qui imitent, par les lois de leur mouvement, les équations dont on dispute. Aidé par la théorie des systèmes monocycliques, M. Boltzmann[1] a *illustré* de tels modèles les vues de Maxwell sur l'analogie entre les équations de Lagrange et les lois de l'Électrodynamique.

IV. — L'Impossibilité du Mouvement perpétuel.

Oublions l'objection que nous venons de soulever; regardons-la comme nulle et non avenue; admettons qu'un groupe de phénomènes sera mécaniquement expliqué lorsque l'on aura défini un potentiel interne et une force vive d'où se tirent, par la méthode de Lagrange, des équations conformes aux lois expérimentales des phénomènes. La question que nous aurons alors à examiner est la suivante : Les lois que le physicien établit par la méthode inductive peuvent-elles toutes être mises sous forme d'équations de Lagrange?

Une observation quelque peu attentive des phénomènes physiques semble autoriser la conclusion suivante : *Il existe une incompatibilité radicale entre la Mécanique de Lagrange et les lois de la Physique; cette incompatibilité n'atteint pas seulement les lois des phénomènes dont la réduction au mouvement est objet d'hypothèse, mais encore les lois qui régissent les mouvements sensibles.*

Mettons cette incompatibilité en évidence par des exemples très simples.

La conséquence la plus immédiate des équations de Lagrange est assurément l'équation de la force vive. Si les forces qui sollicitent un système dépendent d'un potentiel, la somme de ce potentiel et de la force vive demeurent constantes pendant toute la durée du mouvement du système. Or, les actions réciproques des diverses parties du système dépendent toujours d'un potentiel; il suffit donc que les forces extérieures dépendent d'un potentiel pour que le système soit soumis à la loi dont nous venons de rappeler l'énoncé; en particulier, ce théorème est applicable à un système qui subit une seule action extérieure, celle de la pesanteur.

Suivons un tel système dans son mouvement; chaque fois qu'il reprend la même forme et repasse par la même position, le potentiel des forces tant intérieures qu'extérieures reprend la même valeur; la force vive doit donc également reprendre la même valeur.

Cette *conservation de la force vive* est une des conséquences les plus obvies de la Dynamique de d'Alembert et de Lagrange; s'accorde-t-elle avec les enseignements de l'expérience, je dis de l'expérience la plus vulgaire?

Voici une carafe pleine d'eau. Je l'agite vivement et je la pose sur la table. L'eau occupe une certaine

[1] L. Boltzmann : *Vorlesungen über Maxwell's Theorie der Elektricität und des Lichtes.* 1[te] Theil, Leipzig, 1891.

position et présente une certaine forme, savoir la position et la forme de la carafe qui la renferme; cette eau tourbillonne rapidement, en sorte que sa force vive a une valeur positive notable. Au bout d'un quart d'heure, l'eau a encore même forme et même position; selon la Mécanique de Lagrange, elle devrait avoir conservé sa force vive primitive; or, elle est maintenant en repos et sa force vive est nulle.

Un fil à plomb pend verticalement. Par un choc brusque, je lui imprime une vitesse initiale et, partant, une force vive initiale. Je le laisse osciller et, au bout de quelque temps, je l'observe de nouveau; il pend verticalement; le potentiel de la pesanteur, qui le sollicite, a donc même valeur qu'au début du mouvement; il en devrait être de même de la force vive; point du tout: le fil à plomb est maintenant immobile et la force vive est nulle.

Ainsi les observations les plus simples nous montrent que les mouvements naturels contredisent à la loi de la conservation de la force vive.

L'analyse des mouvements de notre fil à plomb nous permettra de préciser la forme du désaccord entre les équations de Lagrange et les mouvements naturels; dans ce but, arrêtons-nous un instant à considérer la constitution des équations de Lagrange.

Un système est supposé soumis à l'action de corps extérieurs qui demeurent invariables pendant toute la durée du mouvement. Selon les principes de la Dynamique :

1° Les forces extérieures généralisées dépendent exclusivement des variables qui déterminent l'état du système;

2° Le potentiel interne et, partant, les forces intérieures généralisées dépendent exclusivement des mêmes variables;

3° La force vive dépend de ces variables et des vitesses généralisées; elle est homogène et du second degré par rapport à ces vitesses. Dès lors, le procédé de Lagrange pour calculer les forces d'inertie généralisées nous enseigne que chacune de ces forces est une somme de deux termes; que ces deux termes renferment les variables indépendantes; que le premier est homogène et du second degré par rapport aux vitesses généralisées, mais ne contient pas les accélérations généralisées; enfin, que le second, indépendant des vitesses généralisées, est homogène et du premier degré par rapport aux accélérations généralisées.

Pour obtenir les équations du mouvement, on forme, par rapport à chacune des variables indépendantes, la somme des trois forces généralisées extérieures, intérieure et d'inertie, et on égale cette somme à zéro. Partant, le premier membre de chacune de ces équations est une somme de trois termes qui, tous trois, contiennent les variables indépendantes; le premier terme ne dépend ni des vitesses généralisées, ni des accélérations généralisées; le second, indépendant des accélérations généralisées, est homogène et du second degré par rapport aux vitesses généralisées; le troisième, indépendant des vitesses généralisées, est homogène et du premier degré par rapport aux accélérations généralisées.

Cette composition des équations de Lagrange entraîne une conséquence que nous allons préciser.

Supposons ces équations vérifiées lorsque le système est dans un certain état, lorsque ses divers points matériels sont animés de certaines vitesses et de certaines accélérations; elles seront encore vérifiées si l'on prend le système dans le même état avec les mêmes accélérations et si l'on renverse le sens de toutes les vitesses, sans en altérer la grandeur. Cette proposition, qui découle clairement de ce qui précède, peut encore s'énoncer de la manière suivante : Les équations de Lagrange sont vérifiées par un mouvement qui fait traverser au système une suite déterminée d'états; elles seraient encore vérifiées par un mouvement qui ferait passer le système par les mêmes états, pris en ordre inverse, et de telle sorte que l'intervalle qui sépare deux états déterminés soit toujours franchi dans le même temps au cours des deux mouvements.

De cette proposition, il n'est pas difficile de tirer la conclusion que voici :

Supposons que le système, partant d'un certain état initial A avec certaines vitesses initiales V, parvienne, sous l'action de certaines forces, à un certain état final Ω, avec certaines vitesses finales V'. Plaçons-le dans l'état Ω, avec des vitesses égales et directement opposées aux vitesses V', et soumettons-le aux mêmes forces; il parviendra à l'état A, avec des vitesses égales et directement opposées aux vitesses V; et les deux mouvements dureront le même temps.

Tel est le caractère essentiel que nous pouvons résumer en ces mots : *Tous les mouvements régis par la Dynamique de d'Alembert et de Lagrange sont des mouvements renversables.*

Reprenons maintenant notre fil à plomb. Nous l'écartons d'un certain angle à gauche de la verticale, l'amenant ainsi à une position A, puis nous l'abandonnons à lui-même; il revient vers la verticale, la dépasse, et atteint à droite une position extrême Ω où les vitesses de tous ses points s'annulent. En vertu de la proposition précédente, il devrait prendre maintenant le mouvement inverse, revenir à la position A et recommencer indéfiniment ces oscillations invariables d'amplitude et de durée. Ce n'est pas ce qui a lieu. Parti de la position Ω, le pendule regagne la verticale et la dé-

passe ; mais il s'arrête avant d'avoir atteint la position A ; les oscillations successives vont ainsi, décroissant d'amplitude, et ramenant peu à peu le fil à sa position d'équilibre. Cet exemple nous montre que *les mouvements naturels ne sont pas renversables*.

Si les équations de la Dynamique données par Lagrange représentent exclusivement des mouvements renversables, elles le doivent à l'absence de tout terme de degré impair par rapport aux vitesses généralisées. On leur fera donc perdre ce caractère et l'on obtiendra des équations qui représenteront des mouvements non renversables, si l'on y introduit des termes du premier degré par rapport aux vitesses. Il suffira, pour cela, de soumettre le système non seulement aux forces que nous avons considérées jusqu'ici, et qui dépendent seulement des positions de ses diverses parties, mais encore à des forces qui dépendent des vitesses avec lesquelles se meuvent ces parties, pourvu que ces forces changent de sens lorsqu'on renverse toutes les vitesses.

Ainsi, les oscillations amorties de notre fil à plomb seront fort exactement représentées en supposant que le mouvement de ce pendule éprouve une résistance proportionnelle à la vitesse angulaire ; ainsi encore, Navier a pu donner aux équations de l'Hydrodynamique une forme exclusive des mouvements renversables et de la conservation de la force vive, en supposant que les molécules fluides exercent les unes sur les autres des forces réciproques qui dépendent de leurs vitesses relatives.

Au point de vue de l'Algèbre, cette généralisation des équations de la Dynamique était aisée à apercevoir ; Lagrange, d'ailleurs, l'avait indiquée [1]. Mais, au point de vue de la Physique, elle constitue une transformation profonde des hypothèses sur lesquelles repose la science du mouvement, un bouleversement du Principe de d'Alembert. L'énoncé de ce principe n'a de sens que si les forces réelles auxquelles un système mécanique est soumis demeurent les mêmes, pour un même état du système, que le système soit en repos dans cet état ou qu'il le traverse au cours d'un mouvement. Si les forces réelles changeaient par le fait même qu'au lieu de concevoir un système en mouvement dans un certain état, on l'y suppose en repos, on formulerait un non-sens en énonçant le Principe de d'Alembert : Un système en mouvement pourrait être maintenu en équilibre en chacun des états qu'il traverse, si l'on adjoignait les forces d'inertie aux forces réelles qui le sollicitent lorsqu'il se trouve en cet état.

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, seconde édition, seconde partie, section II, n° 8.

Devons-nous conclure de cette discussion qu'il y a incompatibilité essentielle entre les mouvements naturels et la Dynamique tirée du principe de d'Alembert, en sorte que cette dernière doive être profondément modifiée ? L'incompatibilité, Helmholtz l'a montré, peut fort bien n'être qu'apparente. Imaginons qu'en un mécanisme se trouvent des masses animées de mouvements que nos sens ne puissent percevoir. Bien que les lois réelles et complètes du mouvement de ce système soient données par les équations de la Dynamique de Lagrange, il peut fort bien arriver que les lois expérimentalement constatées, *et qui sont incomplètes*, semblent contredire à cette Mécanique ; en particulier, il peut arriver que les mouvements observables paraissent non renversables.

Pour expliquer la pensée de Helmholtz, analysons l'exemple qu'il a lui-même choisi [1].

Si les équations de Lagrange ne peuvent représenter que des mouvements renversables, elles le doivent à l'absence, dans leur composition, de tout terme de degré impair par rapport aux vitesses ; cette absence elle-même provient de ce que la force vive ne contient que des termes du second degré par rapport aux vitesses.

Imaginons un corps qui tourne autour d'un axe vertical ; sa force vive s'obtient en prenant la moitié du produit de son moment d'inertie par le carré de sa vitesse angulaire de rotation.

Supposons que ce corps porte un régulateur à force centrifuge monté sur le même axe. Pendant une période variable de la vitesse angulaire de rotation, les branches du régulateur s'écartent, le mouvement du système n'est plus un simple mouvement de rotation ; la force vive a une expression plus compliquée que celle dont nous venons de parler. Une fois qu'un régime permanent est établi, les boules du régulateur gardent un écart déterminé ; la force vive s'obtient en multipliant le demi-carré de la vitesse angulaire par la somme du moment d'inertie du corps et du moment d'inertie du régulateur. Le premier moment d'inertie est fixe, mais le second change avec la vitesse angulaire de rotation, en sorte que, même en régime permanent, la force vive n'est plus simplement proportionnelle au carré de la vitesse angulaire. Imaginons, par exemple, un régulateur combiné de telle sorte que son moment d'inertie en régime permanent varie proportionnellement à la vitesse angulaire de rotation ; la force vive du mécanisme animé d'un mouvement de rotation uniforme sera une somme de deux termes propor-

[1] H. VON HELMHOLTZ : Studien zur Statik monocyklisher Systeme, I. *Sitzungsberichte der Berliner Akademie*, 6 mars, 1884, p. 169. *Borchardt's Journal*, Bd. XCVII, p. 121. *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. III, p. 131.

tionnels l'un au carré de la vitesse angulaire, et l'autre au cube de cette vitesse ; pendant une période variable, un troisième terme s'ajoutera à ces deux-là ; en toutes circonstances, la force vive gardera un terme de degré impair par rapport à la vitesse angulaire.

Concevons maintenant le régulateur fait d'une telle matière que nous ne puissions percevoir ni son existence, ni ses mouvements; l'étude *expérimentale* du mouvement de rotation du corps nous montrerait que sa force vive renferme un terme proportionnel au cube de la vitesse angulaire; la Dynamique de Lagrange semblerait contredite par cette étude ; elle serait confirmée si nous pouvions tenir compte des *mouvements cachés* du régulateur.

Voici une autre expérience, du domaine de la physique amusante, qui met en plein jour l'idée de Helmholtz :

Deux œufs sont sur une assiette; l'un n'a pas encore été soumis à la cuisson, l'autre a été durci à l'eau bouillante; comme à des totons, imprimons leur un mouvement de rotation rapide; l'œuf dur tourne longtemps, perdant très lentement la force vive qui lui a été communiquée; l'œuf cru s'arrête presque aussitôt; les *mouvements cachés* du jaune et de l'albumen ont paru mettre en défaut le principe de la conservation de la force vive.

On pourra donc rétablir l'accord entre la Dynamique de Lagrange et la Mécanique expérimentale si l'on admet que les mouvements observables ne sont pas les seuls mouvements qui animent les systèmes naturels; qu'à ces mouvements s'adjoignent des *mouvements cachés*, qui échappent à notre observation directe; que seuls, les écarts dont ces mouvements sont l'explication nous permettent d'en deviner les particularités.

Les expériences mêmes par lesquelles nous avons mis en évidence les écarts entre les mouvements naturels et la Dynamique de d'Alembert et de Lagrange vont nous servir d'exemples pour montrer l'usage que les physiciens font, depuis longtemps, des mouvements cachés.

Les oscillations d'un pendule vont s'amortissant; les physiciens attribuent cet amortissement aux mouvements que le pendule communique à l'air ambiant; cette explication adoptée, l'étude expérimentale de la loi d'amortissement des oscillations d'un pendule devient un moyen très sensible pour étudier certaines particularités du mouvement des fluides.

Un fluide, animé de mouvements rapides et enfermé dans un récipient immobile, retombe peu à peu au repos. Pour expliquer ce fait et plusieurs autres, Navier avait modifié le principe de d'Alembert et considéré des forces de viscosité liées aux vitesses relatives des molécules. Sans renoncer à la Dynamique de Lagrange, et en supposant seulement que les molécules gazeuses sont des points matériels qui se repoussent en raison inverse de la cinquième puissance de leur mutuelle distance, la théorie cinétique établit les lois du mouvement des gaz; les mouvements sensibles sont semblables à ceux que prévoit l'hypothèse de Navier; le rôle que la viscosité joue en cette hypothèse est tenu, dans l'hypothèse de Maxwell, par les mouvements cachés qui agitent violemment les molécules, et que nos sens grossiers ne peuvent percevoir.

Tous les écarts que l'expérience manifeste entre les mouvements naturels non renversables et les mouvements renversables prévus par les équations de Lagrange peuvent-ils s'expliquer par l'intervention de mouvements cachés? Il ne paraît pas que l'on puisse, avec certitude, répondre négativement à cette question. Puisque l'on n'impose aux mouvements cachés aucune condition, aucune restriction, sur quoi se fonderait-on pour prouver qu'un écart déterminé ne peut trouver en eux sa raison d'être? Il semble donc qu'au point où nous sommes parvenus, nous puissions énoncer la proposition suivante :

Quelle que soit la forme des lois mathématiques auxquelles l'induction expérimentale assujettit les phénomènes physiques, il est toujours loisible de prétendre que ces phénomènes sont les effets de mouvements, SENSIBLES *ou* CACHÉS, *soumis à la Dynamique de Lagrange.*

L'explication mécanique des lois de la Physique semble donc échapper aux prises de toute contradiction logique; il n'en résulte pas qu'elle soit pleinement satisfaisante et exempte de lacunes. Tant que, suivant le conseil de Pascal, elle se contente de « dire en gros : Cela se fait par figure et mouvement », elle triomphe sans peine de toutes les objections; mais lorsqu'elle se propose de « dire quels et composer la machine », elle se montre frappée d'une singulière impuissance. Lorsque l'observation révèle certains écarts entre la Dynamique de Lagrange et les phénomènes naturels, elle peut, bravant toute contradiction, affirmer que ces écarts sont dus à des mouvements cachés: mais, si, des lois expérimentalement données de ces écarts, on veut remonter aux lois des mouvements cachés qui les produisent, on ne trouve en ses enseignements aucune méthode régulière et certaine pour effectuer un tel passage : on en est réduit à deviner.

Parmi les lacunes que présente la théorie des mouvements cachés, il en est une sur laquelle il nous faut particulièrement insister.

Les mouvements naturels, nous l'avons vu, ne se soumettent pas à la loi de la conservation de la

force vive; ils s'en écartent; mais *ils s'en écartent dans un sens déterminé, toujours le même*, et c'est ce caractère qui va fixer notre attention.

Le liquide agité de mouvements tourbillonnaires et enfermé dans un vase immobile revient au repos; la force vive tombe à zéro. Le fil à plomb mis en branle cesse, au bout d'un certain temps, d'osciller; il a dissipé la force vive qui lui avait été donnée. Dans un cas comme dans l'autre, il y a *perte* et non pas *gain* de force vive. Toutes les observations de ce genre s'accordent à montrer que les mouvements naturels sont soumis à la loi suivante :

Lorsqu'un système, sollicité par des forces qui dérivent d'un potentiel, est parti d'un certain état avec une certaine force vive et qu'il revient au même état, il y revient avec une force vive amoindrie; le long du *cycle fermé* parcouru par le système, il y a eu nécessairement *perte de force vive.*

Selon cette loi, on ne peut construire un mécanisme qui, de lui-même, revienne périodiquement au même état et y revienne toujours avec la même force vive ou avec une force vive accrue à chaque révolution; *le mouvement perpétuel est impossible.*

D'une manière plus générale, analysons un mouvement quelconque d'un système sollicité par des forces quelconques. Le travail des forces appliquées au système pendant un certain laps de temps n'est pas, comme l'exige la Mécanique de Lagrange, égal à l'accroissement de la force vive pendant le même temps; il surpasse toujours cet accroissement. Si l'on veut, à l'imitation de Navier, expliquer cet écart en introduisant dans les équations du mouvement des *forces de viscosité*, liées aux vitesses des diverses parties du système, ces forces ne devront pas être quelconques; leur travail, pendant un laps de temps quelconque, sera toujours négatif; ces forces tendront donc toujours à diminuer la force vive, à retarder ou à arrêter le mouvement; ce seront toujours des *résistances passives*, jamais des *puissances actives.*

Ainsi, les mouvements naturels s'écartent des mouvements prévus par les lois de la Dynamique, et cela dans un sens qui est toujours le même. Mais cette sorte d'impulsion, toujours de même sens, donnée aux phénomènes naturels, nous ne l'avons rencontrée jusqu'ici que dans l'étude des mouvements sensibles. Se rencontre-t-elle également lorsque les corps étudiés ne subissent pas simplement des changements de lieu, mais encore des échauffements et des refroidissements, des compressions et des dilatations, des fusions, des vaporisations, des réactions chimiques, des électrisations, des aimantations?

Ce fut un des traits de génie de Sadi Carnot, et peut-être le plus grand, de proclamer que le mouvement perpétuel, déjà reconnu impossible par les seules actions mécaniques, l'est encore lorsqu'on emploie l'influence soit de la chaleur, soit de l'électricité, et de fonder sur cette affirmation la théorie de la production du travail par la chaleur. La vérité reconnue par Carnot fut ensuite précisée par Clausius et par W. Thomson; le premier de ces savants en donna la formule définitive.

Au chapitre II, nous avons énoncé le principe de Carnot et de Clausius sous la forme suivante : Lorsqu'un système subit une modification, la *valeur de transformation* de cette modification est égale à la diminution qu'éprouve l'*entropie* du système.

Cette loi, avons-nous dit, est une des deux colonnes qui soutiennent l'édifice entier de la Thermodynamique; l'interprétation de cette loi au moyen des équations de la Dynamique est le problème essentiel de la Théorie mécanique de la chaleur, celui qui a été l'objet des efforts de Boltzmann, de Clausius, de Helmholtz, de Gibbs.

Or, lorsqu'on compare cette loi aux modifications que la Nature nous présente, on peut faire à son endroit des observations analogues à celles que nous a suggérées le contrôle expérimental des équations de la Dynamique. Les phénomènes naturels ne vérifient pas l'égalité de Clausius. La somme de la valeur de transformation et de l'accroissement d'entropie devrait, en toute modification, être égale à zéro; elle ne l'est pas; elle a une certaine valeur, non nulle, qui est la *transformation non compensée* relative à la modification que l'on étudie; et, par une audacieuse et pénétrante intuition, Clausius a découvert cette loi : *La transformation non compensée qui correspond à une modification quelconque est toujours positive.*

Ainsi, toutes les modifications qui se produisent dans le monde physique sont caractérisées non pas seulement par des égalités, mais par une inégalité, toujours de même sens. C'est ce que nous avions déjà reconnu dans le domaine de la pure Mécanique, où les corps changent de lieu dans l'espace, sans éprouver aucun changement de température ni d'état; nous avions vu, dans ce cas restreint, que le travail des résistances passives était toujours négatif; cette dernière inégalité, d'ailleurs, est un cas particulier de l'inégalité de Clausius; en un mouvement purement local, la transformation non compensée s'obtient en divisant le travail des résistances passives par la température absolue du système et en changeant le signe du quotient.

De l'inégalité de Clausius, on a tiré les conséquences suivantes :

Un système complètement isolé dans l'espace ne peut ni céder de chaleur aux corps extérieurs, ni leur en emprunter; toute modification qu'il éprouve a une valeur de transformation égale à zéro; la transformation non compensée se réduit à l'accrois-

sement de l'entropie ; et, comme la transformation non compensée est essentiellement positive, on peut énoncer le théorème suivant :

Toutes les modifications qui se produisent en un système complétement isolé en font croître l'entropie.

Appliqué au même système, le Principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail fournit aussi une remarquable proposition. Le système auquel son isolement interdit tout échange de chaleur avec les corps étrangers, est également soustrait à toute force extérieure; donc, lorsqu'il se modifie, l'accroissement de l'énergie interne, ajouté à l'accroissement de la force vive ou énergie cinétique, forme une somme nulle; *toute modification d'un système isolé laisse une valeur invariable à la somme de l'énergie interne et de l'énergie cinétique, somme que nous nommerons l'énergie totale du système.*

Avec une audace qu'aucune démonstration rigoureuse ne saurait justifier — que savons-nous, en effet, des limites de l'Univers ? — W. Thomson attribua à l'Univers entier les propriétés d'un système limité, isolé dans l'espace. Acceptant cette grandiose assimilation, Clausius put énoncer ces deux propositions, qui eurent un immense retentissement :

L'énergie totale de l'Univers est invariable.

L'entropie de l'Univers croît sans cesse.

« Il est peut-être exagéré[1] de déduire de principes expérimentaux, dont les vérifications sont bien limitées, des vues générales sur l'avenir de l'Univers. Disons seulement que la Thermodynamique autorise à penser que l'Univers marche fatalement dans un sens déterminé. »

Cette marche de l'Univers dans un sens déterminé paraît échapper aux prises de toute explication mécanique.

Imaginons que les tentatives de M. Boltzmann, de Clausius, de M. Gibbs aient été couronnées d'un plein succès ; que, par des mouvements appropriés, soumis aux lois de la Dynamique, on ait rendu compte de tous les phénomènes physiques dans la limite où ils respectent l'égalité de Clausius ; il faudra maintenant expliquer mécaniquement pourquoi cette égalité est constamment violée, il faudra justifier l'existence des transformations non compensées. Pour cela, aux mouvements qui entraînent l'égalité de Clausius, aux *mouvements désordonnés*, comme les nomment Helmholtz et M. Boltzmann, il faudra adjoindre d'autres mouvements, les *mouvements ordonnés* ; les mouvements ordonnés joueront, par rapport aux mouvements désordonnés, un rôle analogue à celui que les mouvements cachés jouent par rapport aux mouvements sensibles dans les analogies dynamiques que Helmholtz a imaginées. Comme ces mouvements ordonnés sont laissés entièrement arbitraires, il est loisible de supposer qu'ils se laisseront toujours déterminer de telle sorte qu'ils engendrent des transformations non compensées positives, et qu'ils s'accordent avec tous les phénomènes observés. Un démenti formel de l'expérience n'est pas à redouter pour la théorie qui les invoque; elle trouve, dans son indétermination sans limite, un imprenable réduit.

Les difficultés sont ailleurs.

En premier lieu, pour rendre compte des écarts qui existent entre les faits thermodynamiques réels et l'égalité de Clausius, la théorie invoque l'existence de mouvements ordonnés ; mais elle ne prescrit aucune méthode pour tirer des lois expérimentales auxquelles ces écarts sont soumis la forme des mouvements ordonnés. Cette imprécision soustrait, il est vrai, la théorie aux contradictions expérimentales; mais, par contre, elle la prive du contrôle des faits.

Mais un autre point mérite attention. Il ne s'agit plus de savoir si l'on peut déterminer les mouvements cachés de telle sorte que le travail des résistances passives soit toujours négatif, les mouvements ordonnés de telle manière qu'ils engendrent des transformations non compensées exclusivement positives. Il s'agit de savoir si les mouvements cachés, laissés dans une entière indétermination, correspondraient infailliblement à un travail négatif des résistances passives ; si les mouvements ordonnés, quels qu'ils soient, donneraient nécessairement une valeur positive aux transformations non compensées.

Or, à ces questions, la réponse ne paraît pas douteuse. Si on laisse aux mouvements cachés, aux mouvements ordonnés, une indétermination sans limite, une généralité sans borne, rien ne fixera le sens des écarts qu'ils introduisent dans les équations de la Dynamique, des perturbations qu'ils apportent à l'égalité de Clausius. Les forces fictives qui, dans les équations de Lagrange, figureront l'effet des mouvements cachés pourront être des résistances passives, à travail négatif; mais elles pourront être aussi des puissances actives, à travail positif. Les transformations non compensées dues aux mouvements ordonnés pourront être positives, mais elles pourront également prendre des valeurs négatives.

La conclusion s'impose : Les mouvements cachés, les mouvements ordonnés que l'on a à invoquer pour rendre compte des écarts, toujours de même sens, que les modifications réelles présen-

[1] *Exposition Universelle de 1900 à Paris. Rapports du Jury international. Deuxième partie : Sciences*, par M. Émile Picard, p. 31; Paris, 1901.

tent par rapport aux lois de la Dynamique et de la Thermodynamique ne sont pas entièrement quelconques; ils forment une catégorie déterminée dans l'infinie diversité des mouvements possibles.

Mais alors on est amené à se demander pourquoi, parmi l'infinie variété des mouvements cachés et ordonnés possibles, ceux-là seuls sont réalisés qui correspondent à des résistances passives; pourquoi les autres ne se rencontrent jamais dans la Nature; pourquoi, à côté des systèmes incapables de mouvement perpétuel, on ne trouve jamais de systèmes où le mouvement perpétuel se réalise. A ces questions, la Mécanique ne paraît pas avoir de réponse.

La Thermodynamique impose à tous les phénomènes du monde matériel une tendance dans un même sens; il n'en résulte pas que ces phénomènes ne puissent tous s'expliquer par des combinaisons de figures, de mouvements, de masses et de forces. Mais l'hypothèse que tous les effets de la matière brute sont d'essence mécanique ne rend aucun compte de la commune tendance qui sollicite tous ces effets.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

LES MAROCAINS ET LA SOCIÉTÉ MAROCAINE[1]

PREMIÈRE PARTIE : LES ORIGINES ET L'HISTOIRE

I. — La prétendue race berbère.

Les populations indigènes de l'Afrique du Nord, de la Tripolitaine au Maroc, sont habituellement désignées sous le nom de Berbères. Bien que n'ayant guère de cohésion entre elles, elles se ressemblent néanmoins suffisamment par leurs mœurs et leurs institutions pour que l'on puisse parler de « société berbère ». Mais, si les groupements du Maroc, sous leur apparente diversité, offrent quelques caractères communs, l'expression de « société marocaine » ne saurait être considérée comme exacte, car il n'y a pas plus de ressemblance, par exemple, entre les Chleuh et les Rifains qu'entre ceux-ci et les Kabyles de la Grande Kabylie. De même, Merrâkech ressemble bien moins à Fez que Fez à Alger ou à Tunis. Il n'y a donc, en aucun cas, à distinguer une société algérienne d'une société marocaine et cette distinction ne saurait servir de fondement ni à aucune étude scientifique, ni à aucune combinaison politique. Cette observation était nécessaire au début de notre exposé : le lecteur doit se convaincre que le cadre de celui-ci est tout à fait artificiel et que, s'il est restreint au Maroc, c'est uniquement pour s'adapter à une situation forcément transitoire et qui est le résultat momentané des contingences de la politique européenne.

D'autre part, dans le public, une conception différente prévaut : tout en admettant que la Tunisie, l'Algérie et le Maroc sont peuplés d'une façon analogue, on y distingue partout des « Arabes » et des « Berbères ». Les Berbères, dit-on, sont les indigènes autochthones et les Arabes sont les descendants des conquérants. Cette distinction, qui est une des plus fausses que l'on puisse imaginer, a été la source de paradoxes scientifiques et d'erreurs administratives innombrables. Puisque l'on met à sa base une question de races, il convient que nous envisagions, avant toute chose, la situation du Maroc à cet égard.

Malheureusement, les documents précis sur l'anthropologie marocaine font absolument défaut; c'est à peine si quelques mensurations ont été faites par Quedenfeldt. Virchow a étudié quelques crânes de Chleuh : ils appartenaient en moyenne au type dolichocéphale[1]. C'est également ce qui ressort, à première vue, de l'examen des documents du Service anthropométrique relatifs aux Marocains arrêtés en Algérie. Mais les brachycéphales ne sont pas bien rares et l'on n'a pas l'impression d'une race homogène, tant s'en faut. Il n'a pas été fait davantage de statistique touchant la couleur des yeux et des cheveux, et l'on est obligé également sur ce point de s'en tenir à des données vagues[2].

Toutefois, on a vérifié au Maroc une particularité depuis longtemps observée en Algérie et en Tunisie; nous voulons parler de la présence d'un type

---

[1] Voyez, sur le Maroc, les articles suivants, précédemment parus dans la *Revue* :

J. Machat : La géographie physique du Maroc, dans la *Revue* du 15 janvier 1903, t. XIV, p. 12 et suivantes.

Aug. Bernard : Les productions naturelles, l'agriculture, l'industrie et le commerce au Maroc, dans la *Revue* des 30 janvier et 15 février 1903, t. XIV, p. 73 et 132.

[1] Pour être précis : orthodolichocéphale et leptoprosope.

[2] Nous devons à la gracieuseté de M. Lacoste, directeur du Service Central anthropométrique d'Algérie, d'avoir pu puiser dans les précieux matériaux de ses archives pour composer l'intéressante planche que nous présentons au public (fig. 1).

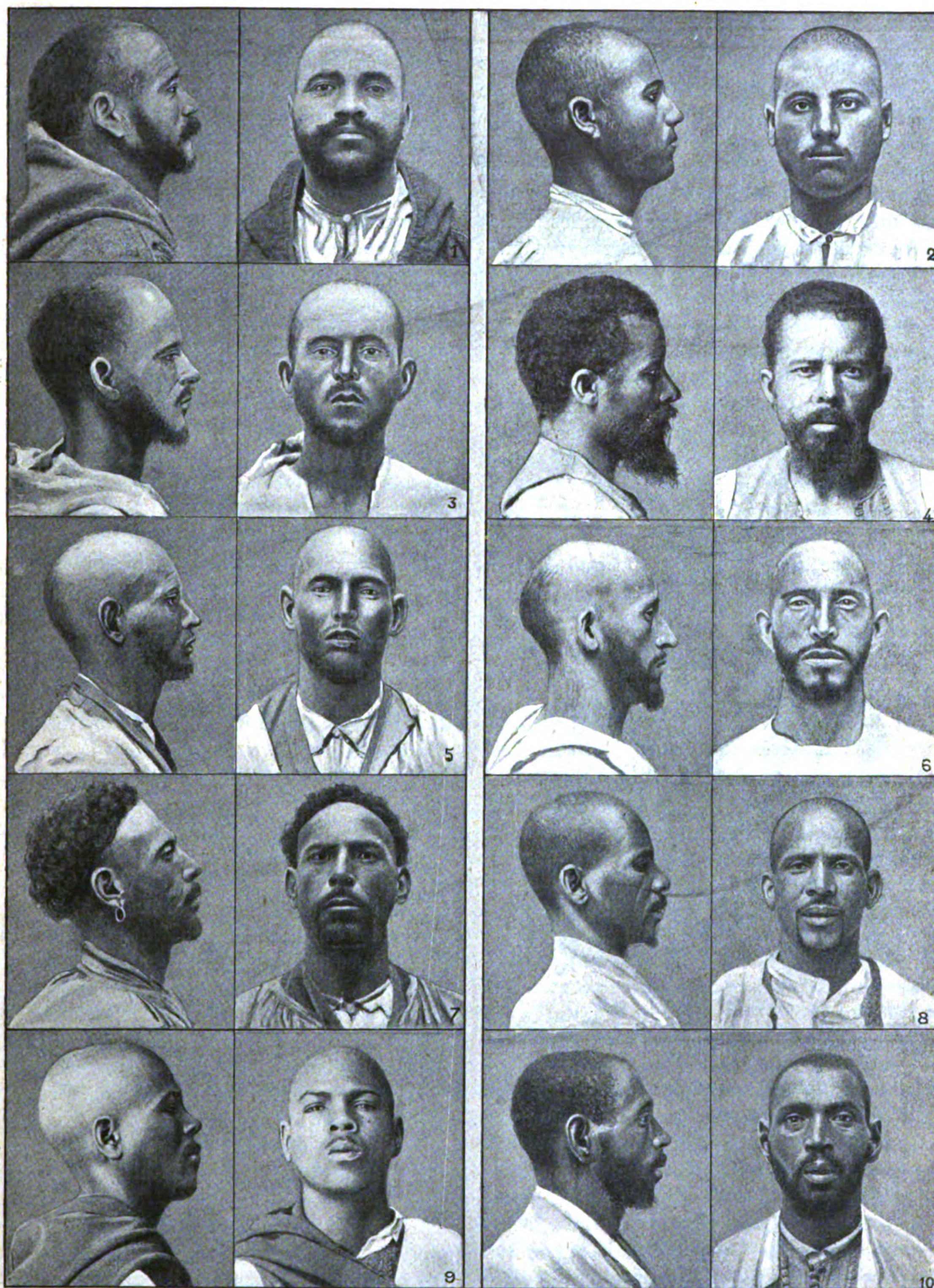


Fig. 1. — *Divers types marocains.*

1. *Type de Rifain, des Beni Saïd* : 35 **ans**; taille, 1^{m},76; yeux orangé; longueur de la tête, 19^{cm},9; largeur, 14^{cm},5; barbe et cheveux chatains. — **2.** *Type de Rifain, né à Guelaïa* : 23 ans; t. 1^{m},71; yeux chat.; long. t., 19^{cm}7; larg., 14^{cm},4; barbe chat.-roux; chev. chat. — **3**. *Type des Beni Snassen* : 35 ans; t. 1^{m},73; yeux orangé; long. t., 20^{cm},7; largeur, 15^{cm}5; b. et ch. noirs. — **4**. *Type du Houz, de Dar Béïda* : 33 ans; t., 1^{m},60; yeux chat.; long. t., 19^{cm},7; larg. 15^{cc},2; b. et chev. noirs. — **5**. *Type de Fez* : 35 ans; t. 1^{m},67; yeux chat.; long. t. 19^{cm},9; larg. 14^{cm},3; b. et chev. chat. — **6**. *Type du maure commerçant d'Oujda* : 35 ans; t. 1^{m},77; yeux chat.; long. t., 19^{cm},2; larg., 14 ^{cm},2; b. et chev. noirs. — **7**. *Type de chleuh du Sous, né à Merrâkech* : 32 ans; t. 1^{m},80; yeux chat.; long. t., 19^{cm},5; larg. 14^{cm},1; b. et chev. noirs. — **8**. *Type de chleuh, de Merrâkech* : 32 ans; t., 1^{m},62; yeux marron; long. t., 19^{cm}; larg., 14^{cm},8; b. et chev. chat. — **9**. *Type de chérif du Tafilelt* : 20 ans; t., 1^{m},79; yeux marron; long. t., 19^{cm}5; larg., 14^{cm},3; b. et chev. noirs. — **10**. *Type du Drâ* : 30 ans; t., 1^{m},77; yeux marron; long. t. 19^{cm}3; larg. 13^{cm}7; b. et chev. noirs. (Clichés du Service Anthropométrique central d'Alger.)

de blond très accusé, mélangé aux populations brunes, et qui appartient évidemment à une race fort différente. Seulement, au Maroc, la présence de ce type blond en forte proportion n'a été constatée que dans le Rif, où elle est notoire, bien qu'on en ait peut-être exagéré l'importance : Quedenfeldt dit, en effet, que dans ce pays les blonds sont aux bruns comme deux est à cinq ; d'autre part, ils sont extrêmement rares parmi les Rifains mensurés à Alger (fig. 2). Dans le centre et le sud du Maroc, les blonds paraissent à peu près manquer : on signale cependant un village entièrement blond des Beni Mtir. Dans le Haut-Atlas, nous n'avons personnellement rencontré que des bruns : les assertions contraires de Tissot ne sont pas confirmées et paraissent, d'ailleurs, tendancieuses. Quant aux albinos, si nombreux à Fez, leur présence n'a évidemment pas d'importance au point de vue ethnique.

Outre ce type blond, il est certain que de nombreux types bruns coexistent au Maroc, comme cela a été constaté en Algérie ; le type, si souvent remarqué en Kabylie, de l'indigène petit, à visage large, avec des pommettes saillantes, type qui rappelle celui de beaucoup de nos paysans français et qu'on retrouve en Kroumirie, est fréquent dans le Rif ; et le type général des Algériens du Tell, grand, élancé, à musculature forte, à face étroite, à mains et à pieds assez longs, à épaules longues et à bassin rétréci, est celui que nous avons observé le plus communément dans les grandes plaines du Houz marocain. D'autres types, plus ou moins bien définis dans l'état actuel des observations, se rencontrent à chaque instant. Tissot en énumère quatre fondamentaux ; Quedenfeldt en distingue six ; des observations précises en augmenteront certainement le nombre.

Où est le type arabe dans tout cela ? Nul n'est capable de le dire. En Algérie, les anthropologistes qui ont étudié la question n'ont pas réussi davantage à le différencier. Même les études poursuivies sur les crânes, études qui semblent susceptibles d'une grande précision, ont également échoué à cet égard. Comme, d'autre part, on n'a aucune certitude sérieuse sur la généalogie des tribus, il faut bien avouer que la distinction en Arabes et en Berbères ne repose sur aucune observation ethnique digne d'être prise en considération. Il semble bien que les Arabes qui, à différentes reprises, firent invasion dans l'Afrique Mineure se soient plus ou moins fondus dans la masse du peuple, sauf peut-être quelques rares et médiocres îlots.

S'appuiera-t-on sur les caractères linguistiques pour distinguer les prétendus Arabes des Berbères ? Mais il est constant que la langue arabe remplace petit à petit la langue berbère et est maintenant parlée par des populations qui étaient établies dans l'Afrique du Nord bien avant les Arabes. Dira-t-on que l'Arabe est nomade et le Berbère sédentaire ? Le Maroc nous montre précisément les tribus qui portent le nom de Brâber comme nomades en grande partie. Soutiendra-t-on enfin que les Arabes ont des coutumes et des mœurs différentes des Berbères ? La vérité est que les indigènes de l'Afrique du Nord ne sont pas encore complètement islamisés et que l'on nous présente tout simplement comme Arabes ceux qui sont les plus orthodoxes et comme Berbères ceux qui gardent de nombreuses survivances de coutumes antéislamiques.

On peut diviser les Marocains comme les indigènes de l'Algérie ou de la Tunisie en arabophones et en berbérophones ; en nomades et en sédentaires ; en montagnards et en habitants des plaines ; on peut y distinguer des groupes plus ou moins bien imprégnés de la civilisation islamique. Mais la division en Arabes et en Berbères est vaine, parce qu'elle ne s'appuie sur aucun fait précis dans l'état actuel de la science, même au point de vue ethnographique. On peut, faute de mieux, comme nous le disions, parler de « société berbère » pour désigner l'ensemble des peuples de l'Afrique Mineure, sans préjuger des questions de race. Mieux vaudrait peut-être réduire ce mot à sa signification linguistique, si l'usage n'en était déjà général : le berbère est, en effet, un groupe de langues bien caractérisé, et c'est d'ailleurs dans ce sens que le mot fut compris par ceux qui s'en servirent avant nous : les Anciens, par le mot « barbare », et les Arabes, par le mot « berber » désignaient, au moyen d'une onomatopée analogue à celle de notre verbe « bredouiller », des peuples qui ne parlaient pas leur langue. En tout cas, si l'on parle de société berbère, on ne saurait en aucun cas parler d'une « race berbère » ; plusieurs races, peut-être de nombreuses races, forment les éléments de tous les peuplements du nord de l'Afrique et il semble bien que cette situation existe depuis les temps les plus reculés sans que les invasions historiques récentes l'aient sensiblement modifiée.

Si l'apport de l'invasion arabe au peuplement de l'Afrique du Nord et en particulier du Maroc est devenu difficile à discerner, il n'en est pas de même pour deux autres races qui, à des époques différentes, ont pénétré ce dernier pays. Nous voulons parler des Juifs et des Nègres. Les uns, par la persistance extraordinaire d'un rigoureux nationalisme religieux qui les empêche de se mélanger à d'autres peuples, et les autres, par la grande différence physique qui sépare leur race de celle des indigènes marocains, sont restés jusqu'à ce jour discernables à première vue parmi les populations

du Maghrib Extrême. Et pourtant, si les Juifs avaient voulu se mélanger aux indigènes marocains, ils se seraient, avec une grande facilité, fondus dans les races marocaines : l'exemple des Juifs convertis du Touât et de Touggourt est là pour le prouver. Au rebours des Juifs, les Nègres se sont fortement mélangés aux indigènes : il y a au Maroc des villes entières, Méquinez ou certains quartiers de Merrâkech et de Fez, qui sont presque exclusivement peuplés de métis.

C'est à de tels métis que l'on a voulu rapporter les populations du sud du Maroc connues sous le nom de « Harâtîn ». Elles sont, au sud du Haut-Atlas, mélangées avec les autres populations dites « chleuh » et elles présentent la plus singulière confusion de caractères soudaniens et méditerranéens. Il est probable que, lorsque ces Harâtîn, qui se retrouvent en grand nombre au Touât, seront mieux connus, on sera amené à les rattacher à cette race que Duveyrier a appelée « subéthiopienne » ou « garamantique » et qui est répandue dans tout le nord du Sahara. Elle est, en particulier, bien connue à Ouargla et dans l'Oued-Rîry, où on la distingue à la petite taille des individus, à leur teint foncé, à leurs lèvres charnues, mais moins épaisses que celles des nègres, à leur front moins surbaissé[1].

II. — Le problème des origines.

D'où viennent les races qui peuplent le Maroc et, d'une façon générale, l'Afrique du Nord ? Devons-nous les rattacher aux antiques populations de l'Europe ou bien, au contraire, faut-il penser qu'elles sont venues de l'Orient ? Ce problème n'est pas encore éclairci : sans doute la solution n'en est pas simple et les différentes races que l'on confond sous le nom de Berbères ont probablement des origines variées. Nous avons vu que les observations ethnographiques sont encore trop peu avancées pour donner des arguments dans un sens ou dans l'autre. On a donc cherché à utiliser pour cela d'autres données : philologiques, historiques, archéologiques.

Ces données font tout de suite ressortir un fait important : c'est que les populations de l'Afrique du Nord sont fixées depuis très longtemps dans leurs grands traits. On peut presque les considérer comme des « autochthones », puisque ce terme ne peut avoir qu'une valeur relative. C'est, du reste, cette fixité qui donnerait un grand prix à des observations anthropologiques précises. Les plus anciens auteurs, en effet, qui nous aient donné des énumérations de tribus, mentionnent des noms qui se sont conservés jusqu'à nos jours. C'est ainsi que Ptolémée, suivi plus ou moins exactement par les géographes postérieurs, mentionne des Βακουᾶται, des Μακανῖται, des Οὐερουεῖς, dans des régions septentrionales du Maroc où se retrouvent les noms de *Ouerga*, *Miknâssa* et *Boquiona*.

Il est surtout un nom qui revient constamment sous la plume des auteurs anciens et qui se retrouve jusqu'à nos jours, en particulier au Maroc, chez les Chleuh et chez les Brâber du centre de ce pays :



Fig. 2. — *Type de rifain blond : Abdallâh ben Mohammed (45 ans), de la tribu de Temsamân.* (Cliché du Service central anthropométrique d'Algérie.)

[1] Sous la rubrique *Littérature* nous donnerons à la fin de chaque chapitre quelques indications sur les ouvrages consultés, mais ce n'est nullement une bibliographie. Nous voulons seulement signaler les ouvrages où le lecteur, désireux d'approfondir les questions effleurées dans cette esquisse, pourra trouver des renseignements plus étendus, et qui ont fait la base de notre exposition, lorsque celle-ci ne nous est pas personnelle.

Littérature. — Quedenfeldt : *Eintheilung und Verbreitung der Berberbevœlkerung*, dans *Zeitsch. f. Ethnologie*, t. XX et XXI.

Tissot : *Les monuments mégalithiques et les populations blondes du Maroc*, dans *Rev. d'Anthrop.*, t. V.

Renseignements épars dans les ouvrages généraux de Foucauld (excellents), Rohlfs (médiocres), Erckmann (mauvais), etc.

Documents anthropométriques dans :

Quedenfeldt, *Zeitsch. f. Ethn.*, 1887, p. 32;

Virchow : *Ueber suedmarokk. Schädel.*, dans *Sitzungsber. d. kœnigl. Akad. d. Wissensch.*, t. XLVI, 1886 ; du même, à la suite d'un article de Quedenfeldt sur les Oulad Sidi Ahmed ou Moussa, *Kœrperbesch. d. vorgestellt. Schilh.*, dans *Zeitschr f. Ethn.*, 1889, p. 582.

Comparez Sériziat, dans *Bull. Soc. Anthr. Paris*, sér. II, t. V, p. 548, Topinard, dans *Bull. Soc. anthrop.*, sér. III, t. IV, 1881, p. 445, et Quatrefages et Hamy, *Crania ethnica*, p. 514.

Sur les Harâtîn, voy. Duveyrier : *Touaregs du Nord*, passim, et De Foucauld : *Reconnaissance*, p. 88. Les renseignements donnés à ce sujet par Harris, *Tafilet*, sont insignifiants, ceux d'Erckmann erronés.

Pour les juifs, voir la bibliographie de la quatrième partie de cette étude.

c'est le mot de *Imazîren* (*Imazighen*) qui sert à ces populations à se désigner elles-mêmes et qui, dans leur langue, signifie *nobles*, absolument comme le mot *franc* pour d'autres peuples. Ce mot paraît bien antique : il représente peut-être les *Machouach* des documents égyptiens et il est certainement l'équivalent des Μάξυες d'Hérodote, des *Mazices* d'Ammien Marcellin, des *Mazaces* de Suetonius, des *Maxitani* de Justin et d'une inscription de Lambèse, etc. Il correspond encore aux expressions *imouchar*, *imouhar*, *imajiren* par lesquelles se désignent les Touâreg, pendant qu'ils appellent leur langue *tamacheq*, *tamachert*, comme les Marocains appellent le berbère *tamazirt*, *tamzira*. Les noms de lieu comme Tamazirt sont innombrables dans l'Afrique Mineure et spécialement au Maroc. Mazagan sur la côte atlantique, Mazagran près de Mostaganem et Alger sous son ancien nom, « Djezâïr Beni *Mezranna* », se rattachent probablement à la même racine.

Si les peuples de l'Afrique du Nord se sont toujours désignés sous le nom d'Imaziren, les étrangers paraissent les avoir toujours appelés des Barbares ou des Berbères. L'emploi de ce mot est général chez les auteurs anciens et chez les auteurs arabes. Mais les Anciens ont souvent paru lui donner un sens localisé. Aussi a-t-on pensé que le mot venait non du latin *barbarus* ou du grec βάρβαροι, mais qu'il n'était que l'extension du nom particulier à quelque tribu. Et, de fait, on a trouvé au Maroc un argument puissant pour soutenir cette hypothèse dans l'existence du groupe important des *Brâber*; on a trouvé encore dans l'Aurès des *Beni Barbar*. Sans méconnaître la valeur de ces arguments, nous persistons à croire que le mot berbère a été employé par des étrangers comme une onomatopée servant à désigner des peuples relativement sauvages et dont on ne comprend pas la langue. Rien n'oblige, du reste, à le faire venir du grec ou du latin, car il s'agit d'un procédé d'usage général dans la formation des langues. En ce qui concerne les Brâber du Maroc, il y a, du reste, des raisons de croire qu'ils ne se désignaient pas jadis sous ce nom.

On n a pas manqué de faire remarquer que le radical *berber* se retrouve ailleurs : on a signalé les *Berâbra* dans la vallée du Nil, *Berbera*, port de la mer Rouge et les *Varvara*, tribu de l'Inde et l'on a voulu voir là, bien à tort, la trace d'une antique migration des Berbères. Une légende rapportée par Strabon, et d'après laquelle les Maures seraient venus dans l'Afrique du Nord avec Héraclès, sert d'appui à cette hypothèse. Un autre récit célèbre, conservé par Salluste, a servi, au contraire, à étayer la théorie d'après laquelle une bonne partie des Berbères au moins serait venue d'Europe par le détroit de Gibraltar et le Maroc actuel. Tissot appelle cela nettement une « invasion aryenne ». Ce seraient naturellement les éléments blonds de la population qui seraient arrivés par cette voie. L'hypothèse d'après laquelle ces blonds seraient des descendants des Vandales est aujourd'hui abandonnée par tout le monde.

L'examen des dialectes berbères ne révèle pas non plus d'une façon claire les origines des races de l'Afrique Mineure : le berbère n'a pas encore livré son secret. Il paraît très isolé au milieu des autres langues; on n'a relevé aucune analogie sérieuse avec le basque; mais il a des rapports assez étroits avec l'ancien égyptien et les langues hamitiques. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il a été la langue de toute l'Afrique du Nord. Les dialectes du Maroc sont au nombre de trois principaux : le rifain, dont la phonétique se rapproche à la fois de celle du chaouia de l'Amès et de celle des dialectes berbères du Sénégal; le berbri, parlé chez les Brâber, se ferait, dit-on, remarquer par la simplicité extrême de sa morphologie; le chelha, parlé par les Chleuh du Sud marocain, est aussi relativement pur, ayant gardé la plupart des consonnes fortes sans adoucissement. Ces dialectes, pris dans leur ensemble, sont absolument analogues à ceux de l'Algérie, de la Tunisie, de la Tripolitaine et du désert libyque, mais rien n'autorise à conclure de leur unité à l'unité d'une race berbère.

La fragilité des arguments d'ordre philologique sur les origines des indigènes du Nord de l'Afrique, l'incertitude des récits historiques ont conduit les savants à chercher des données plus précises dans l'étude des monuments mégalithiques, des *dolmens* répandus dans toute l'Afrique du Nord. Mais ici encore les résultats fournis ont été contradictoires : car on observe des dolmens dans toute l'Europe et on en trouve en Afrique, en Orient et jusque dans l'Inde. L'hypothèse d'une immigration venue de l'Europe comme celle d'une invasion par l'Orient peuvent donc également être soutenues à ce point de vue. Peut-être sont-elles vraies toutes les deux, si, comme nous le pensons, les races qui s'agitent dans l'Afrique septentrionale sont nombreuses et d'origines variées. Ceci nous amène à dire quelques mots du préhistorique au Maroc [1].

---

[1] **Littérature.** — La question dite des « origines berbères » a fait couler des flots d'encre. On trouvera une bibliographie dans Schirmer : *De nomine et genere populorum qui Berberi vulgo dicuntur*, Paris, 1892, ouvrage qui offre également un bon résumé de la question.

Les ouvrages qui ont paru depuis n'ont pas apporté de solution décisive : en particulier, les idées exposées par M. Bertholon, pour très intéressantes qu'elles soient, ne sont pas des résultats scientifiques indiscutables : il est cependant indispensable de consulter ses derniers travaux insérés dans la *Revue Tunisienne*.

Les dialectes berbères du Maroc ont été étudiés dans les

III. — Les premières civilisations.

On a trouvé au Maroc, comme en Algérie et en Tunisie, des pierres taillées, haches et pointes de flèches et instruments divers en silex ou en calcaire siliceux, appartenant tantôt au type « chelléen » ou de la pierre éclatée, tantôt aux types en pierre polie. Mais il n'a pas encore été fait à ce sujet d'observations sérieuses et suivies.

Les populations primitives du Maroc, ainsi que celles de toute l'Afrique du Nord, utilisaient les grottes naturelles comme demeures. Les explorateurs du Maroc, et de Foucauld en particulier, ont signalé, dans la région de l'Atlas et au sud, des cavernes creusées dans des rochers à pic et dont le voyageur aperçoit l'ouverture à une grande hauteur. On en trouve jusqu'auprès de Mogador, où nous les avons observées à Imin Takandoût. Souvent elles sont creusées sur un même alignement dans la falaise : l'œil distingue, en avant des ouvertures, une galerie taillée dans le roc, qui met les cavernes en communication les unes avec les autres, et cette galerie est souvent bordée d'un parapet en maçonnerie; quand des crevasses verticales entre deux cavernes interrompent la continuité de la paroi, de petits ponts en pierre les franchissent. La plupart sont aujourd'hui inaccessibles; celles dans lesquelles on peut entrer servent de magasins à grains ou d'étables à bestiaux. Ces grottes se présentent dans des conditions trop particulières pour ne pas caractériser une époque; mais, comme elles n'ont pas été fouillées, on ne peut rien préciser à ce sujet. Au contraire, les autres abris sous roche que l'on peut rencontrer au Maroc comme partout ailleurs dans l'Afrique du Nord, peuvent avoir été habités à des époques fort différentes et même l'être encore aujourd'hui : on sait qu'il existe encore des troglodytes en Algérie et en Tunisie. Harris a signalé aussi des populations marocaines ayant un habitat analogue : les Aït Ifri, vivraient dans les grottes de l'Oued Dâdes.



Fig. 3. — *Le menhir d'El Outed, à Mzoûra.* (Cliché de M. Doutté.)

On est également incertain de l'époque à laquelle il faut rattacher la construction des tombeaux mégalithiques qui, dans le Maroc comme dans le restant de l'Afrique Mineure, se rencontrent un peu partout, mais n'ont point été l'objet d'études suivies. Des dolmens ont été rencontrés dans le Gharb çà et là, principalement au nord de l'Oued Lekkous; d'autres ont été signalés dans les Beni Mtîr, dans les Diâra, c'est-à-dire les contreforts de l'Atlas, dans les Beni Snassen, près de la frontière algérienne. Ceux que Tissot a mentionnés rappellent les dolmens algériens, mais sont de forme trapézoïde au lieu d'être rectangulaires. Ces dolmens, on le sait, sont des monuments funéraires qui renferment le squelette d'un cadavre replié sur lui-même, les genoux sous le menton et les poings ramenés à la hauteur des yeux, position qui rappelle celle du fœtus dans le sein de la mère. Bien qu'aucun de ces monuments n'ait été au Maroc l'objet de fouilles fructueuses, il y a lieu d'admettre qu'ils ressemblent à ceux de l'Algérie et de la Tunisie : dans une des crevasses du Cap Spartel, près d'un abri sous roche où ont été re-

travaux spéciaux de : René Basset : *Etudes sur les dialectes berbères du Rif marocain*, Paris 1899, pour le Rif; *Le dialecte berbère de Tarandant*, Florence, 1895;

Luciani : *El Haoudh, texte berbère et traduction*, Alger, 1897;

Stumme : *Handb. d. Schilhischen v. Tazerwalt*, Leipzig 1899, pour le Sous. Ce dernier ouvrage est une grammaire complète de la langue des Chleuh.

Une grammaire du dialecte des Brâber, écrite par Mouliéras, est en préparation.

cueillis quelques silex taillés, on a trouvé, en effet, un squelette qui gisait exactement dans la position que nous venons de décrire. Des textes très anciens (Hérodote et Diodore de Sicile) font allusion à ce mode d'ensevelissement des morts chez les Libyens.

Les tumulus sont également fréquents au Maroc. Tissot en a signalé un bon nombre : vraisemblablement, ils se composent, comme ailleurs, d'un tas de pierres recouvrant le cadavre et surmonté d'une masse de terre en forme de dôme ou de cône. Maïs il est possible aussi qu'un certain nombre d'entre eux recouvrent des dolmens. Leur périphérie est souvent marquée par un « cromlech » ou cercle de grosses pierres.

Le cromlech se rencontre aussi quelquefois seul, par exemple entre Méquinez et Fez. Il ressemble singulièrement, du reste, au « haouch », enceinte de pierres sacrées. L'ensemble de monuments mégalithiques le plus intéressant du Maroc et aussi le plus connu est celui de Mzoûra. Il est situé à moins d'une heure de marche de Sidi l Yamâni, point où se rejoignent les routes d'Alcazar et de Larache à Tanger. Il est à noter que le mot mzoûra peut vouloir dire en arabe « lieu de pèlerinage ». Là s'élève un large tumulus de 6 à 7 mètres de hauteur, entouré à sa base d'un cercle de grosses pierres. Ces pierres ont en moyenne un mètre de hauteur, mais l'une d'elles est haute de six mètres et constitue un véritable « menhir » qui se voit de fort loin dans la campagne. Les indigènes l'appellent « El Outed », c'est-à-dire « le piquet » (fig. 3). Autour de ce tumulus se trouvent de nombreux vestiges d'autres monuments mégalithiques.

Dans le Soûs, le rabbin Mardochée a découvert et le D[r] Lenz a revu après lui d'intéressantes gravures rupestres, qui paraissent très analogues à celles qu'on a signalées dans tout le nord de l'Afrique, depuis le pays des Tibbous (Nachtigal) jusque dans le Sud Oranais, où ces dessins primitifs sont très nombreux, et ont été étudiés avec un grand soin par M. Flamand. Les mêmes rochers supportent en général deux séries de figures : la première série se caractérise par la continuité du trait et par un cachet artistique que ne présentent point les gravures de la deuxième série; l'étude attentive des traits et de la patine de la pierre a, du reste, montré qu'un long intervalle de temps s'est écoulé entre les époques auxquelles ont été gravés les dessins de chaque série. Ceux de la première représentent des animaux, lions, panthères, hyènes, chacals, antilopes, mouflons à manchettes, chevaux, autruches, échassiers, singes, buffles, rhinocéros, girafes, éléphants, et des hommes et des femmes : il y a des scènes de chasse à l'arc. Cette série semble bien se rapporter à l'époque néolithique, et les instruments en pierre trouvés au pied même des rochers confirment cette supposition. La deuxième série se compose de dessins beaucoup plus grossiers et accompagnés d'inscriptions lybiques : l'époque en est encore indéterminée. Il est vraisemblable, mais non démontré, que ces dessins sont antérieurs à l'établissement de la religion musulmane, et, d'un autre côté, la présence du chameau, introduit seulement en Afrique depuis le II[e] siècle de notre ère, empêche d'en faire remonter plus haut l'exécution. Dans les dessins rupestres du Soûs comme dans ceux d'Algérie, les deux séries sont mélangées, mais facilement discernables. Dans les figures qui se rapportent à la première, on reconnaît fort bien des éléphants, des rhinocéros bicornes, des chevaux, des girafes, des autruches. La seconde série ne paraît pas accompagnée d'inscriptions libyco-berbères comme en Algérie. Mais il est à supposer que ces inscriptions, qui sont répandues depuis le Sinaï jusqu'aux Canaries, se retrouveront également au Maroc; le Soûs doit également renfermer d'autres dessins rupestres : Douls en a trouvé près du cap Juby.

Ces intéressantes découvertes ne jettent cependant pas un grand jour sur la question des origines berbères, parce que nous ne savons ni quelles populations habitaient les cavernes dont nous avons parlé au début de ce paragraphe, ni quelles races ont élevé les monuments mégalithiques (on en a certainement construit jusque dans les temps historiques), ni quels artistes ont gravé les dessins du Soûs et de l'Oued Noun. Cependant, l'étude approfondie des sépultures et des restes qu'elles contiennent, jointe à celle des ateliers d'instruments en pierre, apportera sans doute des éclaircissements à ce difficile problème [1].

IV. — L'HISTOIRE.

§ 1. — L'Antiquité.

Pendant toute l'Antiquité, l'histoire du Maroc n'est que celle des tentatives faites par les peuples civilisés pour le coloniser. Sans doute, la plupart des vestiges de ce que nous venons d'appeler un

[1] **Littérature.** — Sur les cavernes, voir DE FOUCAULD : *Reconnaissance*, p. 60-61; HARRIS : *Tafilet*, p. 174-175; HOOKER and BALL : *A Tour in Morocco*, p. 300-301; THOMSON : *Travels in Atlas*, p. 236.

Sur les monuments mégalithiques : TISSOT : *Maurétanie Tingitane*, p. 175 (référence à Brooke); ANONYME : *Dolmen in Marokko*, *Globus*, XXIV; VILAIN : *Le dolmen des Beni-Snassen*, Paris, 1885; RHOLFS : *Mein erster Aufenthalt*, 3[e] éd., p. 54.

Sur les dessins rupestres : DUVEYRIER : dans *Bull. Soc. Géog. Paris*, 1876, p. 129 et DOULS : *Ibid.*, 1888, p. 456.

On trouvera au commencement du premier volume de GSELL : *Monuments antiques de l'Algérie*, un exposé et une bibliographie complète de la question, restreints à l'Algérie, mais offrant pour le Maroc des points de comparaison indispensables; FLAMAND : *Hadjar Mektoubat*, in *Soc. Anthr. Lyon*, 1901, et t. a. p.-1902, donne également une bibliographie très étendue.

peu prétentieusement « les premières civilisations » se rapportent non seulement à l'époque de ces essais de colonisation, mais aussi à des époques bien postérieures, et ce serait fort inexactement que, dans un tel cas, on opposerait « l'histoire » à la « préhistoire ». Des plus anciennes influences civilisatrices qui aient agi sur les populations de l'Afrique du Nord, nous voulons dire de cette influence égéenne dont on commence seulement à soupçonner l'importance, nous ne connaissons rien de relatif au Maroc. Peut-être cette première civilisation grecque de la Méditerranée ne s'étendit-elle pas jusqu'à « l'Extrême-Occident ». En tout cas, les seuls documents qui, après les légendes d'origine égyptienne, nous parlent de ce pays se rapportent à l'époque où Carthage avait déjà arrêté l'essor de sa rivale Cyrène. C'est vers le milieu du ve siècle avant notre ère que l'amiral carthaginois Hannon reçut mission d'explorer les terres du Couchant : il franchit le détroit et s'avança au sud en suivant le littoral atlantique jusqu'à un endroit qui n'est pas encore identifié ; mais il semble bien avoir été jusqu'à la côte de Guinée. Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, des innombrables discussions qui ont eu lieu à ce sujet, il est certain qu'il explora la côte occidentale du Maroc. Malheureusement, l'identification des noms géographiques qu'il donne est fort difficile, comme d'ailleurs celle de la plupart des dénominations contenues dans les géographes grecs postérieurs : c'est, en effet, en grec que le voyage de Hannon nous a été conservé. Mais on sait, à n'en pas douter, que les Carthaginois entourèrent le Maroc, comme le restant de l'Afrique du Nord, d'une ceinture de comptoirs commerciaux : ceux de Tanger, du Lixus (la presqu'île de Tchemmich, formée par l'oued Lekkous, près de Larache), de Salé (Sla), de Mahdia (peut-être l'ancienne Θυμιαθήριον), paraissent avoir eu quelque importance. D'une façon générale, en l'absence de renseignements précis que seules des fouilles pourraient fournir, on doit estimer que la civilisation punique n'exerça sur le Maroc qu'une action superficielle : mais on ne doit pas perdre de vue que St. Gsell a démontré qu'à l'est de l'Afrique mineure, l'influence carthaginoise avait été beaucoup plus profonde qu'on n'a coutume de le dire[1]. C'est seulement vers l'époque de la prise de Carthage par Scipion Émilien que les historiens anciens commencent à nous parler des rois indigènes de la « Maurétanie », auxquels ils donnent le nom de Bokkar, Bogud, Bocchus ; mais leurs récits, qui nous retracent sèchement les intrigues de ces personnages avec les Romains et les Carthaginois, nous apprennent peu de chose en réalité sur l'histoire interne du Maroc à cette époque reculée.

[1] Voir l'*Algérie dans l'antiquité*; Alger, 1900, au commencement.

On sait avec quelle prudente lenteur les Romains firent la conquête de l'Afrique du Nord ; la « Maurétanie », comprenant toute la moitié occidentale du Maghrib, avait été donnée à Juba, après l'entrée de la Numidie sous l'influence romaine, mais ce n'est qu'en l'an 40, un siècle après la destruction de Carthage, que ce pays devint effectivement partie de l'empire romain. Claude divise la Maurétanie en Tingitane (de Tingis, Tanger) et en Césarienne (Cœsarea, Cherchell), séparées par la Malva ou Malucha, aujourd'hui la Moulouia. La Tingitane correspondait donc presque à notre Maroc actuel : la Moulouia étant le seul grand fleuve de l'Afrique Mineure qui, dans ces régions, coule du nord au sud, on s'explique assez facilement qu'elle ait été choisie comme limite de circonscription administrative, mais on se tromperait en la considérant comme une de ces grandes frontières naturelles qui limitent deux États d'une façon permanente : grande voie commerciale de la Méditerranée au Sahara, elle ne sépare pas, elle unit les contrées dont elle draine les produits et dont ses affluents fertilisent le sol. C'est de l'an 42 que date la réduction définitive de la Maurétanie Tingitane en province romaine : les comptoirs fondés par les Phéniciens devinrent alors des colonies florissantes. Tingis, Lixus portaient le titre de « colonies impériales ». Cette dernière, dont les ruines ont été longuement explorées par M. de La Martinière, était particulièrement prospère : située dans une des nombreuses boucles de l'oued Lekkous, et dans une position saine, alors que tout le pays voisin est décimé par les fièvres, elle érigeait son acropole à la place où s'éleva plus tard la petite ville arabe de Tchemmich, au-dessus d'un port vaste et sûr dans l'estuaire du fleuve. En 69, Othon plaça la Tingitane sous la juridiction des gouverneurs de la Bétique : une inscription de Tanger, postérieure du reste à cette date, nous confirme cette situation : sans doute les incursions fréquentes des Maures en Espagne avaient nécessité cette mesure. La sécurité, en effet, ne fut jamais complète dans la Maurétanie Extrême; la domination romaine, moins profonde, même en Algérie, que les innombrables inscriptions que l'on met au jour pourraient le faire croire, fut naturellement bien plus superficielle encore dans le Maroc. Ce n'étaient que révoltes incessantes des chefs indigènes, ces *principes gentium*, avec lesquels une inscription de *Volubilis* nous montre le procurateur de la province en conférence. Parmi les expéditions nombreuses entreprises par les Romains pour affermir leur puissance dans ces pays, et surtout pour étendre au loin le prestige de leurs armes et obtenir ainsi la tranquillité de leurs frontières méridionales, il faut citer la mémorable

campagne de Suetonius Paulinus : ce général, en 41-42 de notre ère, s'avança, pour châtier quelques tribus, jusqu'au delà du Haut-Atlas et parvint en plein désert, jusqu'aux bords de l'oued Guîr, dans ces mêmes régions où viennent de se dérouler, au commencement de l'année dernière, les opérations de la Mission franco-marocaine chargée de l'application du protocole du 20 juillet 1901. Cette campagne ne devait être renouvelée qu'en 1870 par le général de Wimpffen, qui fit flotter le drapeau français là où s'étaient montrées, près de dix-neuf siècles auparavant, les aigles romaines. Il ne semble pas que la domination effective des Romains se soit beaucoup étendue au delà d'une ligne passant par la ville actuelle de Méquinez et par Rabat-Salé. Cette dernière ville était probablement la *Salaconia* (*Sala colonia*) de l'Itinéraire d'Antonin. A une journée au nord de la position actuelle de Méquinez, s'élevait *Volubilis*, où les remarquables recherches de M. de La Martinière ont mis au jour un nombre considérable d'incriptions d'époques variées (fig. 4). Les ruines de cette ville occupent, près de la zaouia de Moulaye Idrîs, au Jebel Zerhoûn, une superficie considérable. Elles sont connues dans le pays sous le nom de *Ksar-Faraoun* ou « château de Pharaon ». Peut-être le vocable *Oulîli* par lequel les historiens arabes désignent le berceau de la puissance idrisside est-il le même que celui de *Volubilis*, la zaouia de Moûlaye Idrîs n'étant, à l'heure actuelle, distante des ruines que de trois quarts d'heure de marche. Quoi qu'il en soit, les ruines de la ville romaine forment encore un ensemble imposant : bien que la plupart des monuments aient été détruits pour fournir des matériaux aux énormes bâtisses de Méquinez, il reste encore debout deux portes d'un édifice important (peut-être une basilique, d'après Tissot). Un arc de triomphe, élevé probablement en l'honneur de Caracalla, était encore debout au XVIIIe siècle, car Windus le figura en 1721 : il n'en reste plus aujourd'hui que les piliers, le cintre s'étant écroulé. En somme, les Romains ne semblent avoir conquis que les plaines de la partie nord du Maroc; la montagne, le Hoûz et le Soûs leur ont échappé. Cependant, M. de La Martinière pense que « la limite de l'occupation romaine doit être reculée plus au sud qu'on ne l'admet ordinairement ». D'autre part, M. de Ségonzac, au cours de son hardi voyage dans le Soûs, a signalé des ruines romaines, en particulier celles d'un aqueduc, qu'il figure. « Il n'est plus possible de douter, dit-il, que l'occupation romaine ne se soit étendue sur le Soûs d'une façon puissante et durable ». Il s'agit, sans doute, de ruines analogues à celles que signale M. de la Martinière, mais touchant la nature desquelles il se montre plus prudent que M. de Ségonzac, se contentant de les attribuer « à cette époque peu connue de l'histoire qui précéda la venue d'Idrîs au Maghrib ». Une étude plus approfondie pourrait seule trancher ce débat et l'on ne peut actuellement que rester très réservé à ce sujet.

Une nuit presque complète enveloppe l'histoire du Maroc, pendant le siècle que dura la domination des Vandales. La période byzantine est un peu mieux connue : il est certain que Justinien étendit son travail de restauration jusqu'à Tingis (Tanger) et à Septa (Ceuta) et, si l'on s'en rapportait aux auteurs, ce seraient même à peu près les seules places réoccupées dans la Tingitane par les Byzantins. Mais les recherches archéologiques ont montré que cette occupation avait été plus étendue : c'est ainsi qu'à Banasa, M. de La Martinière a trouvé deux chapiteaux « qui sont des imitations libres du chapiteau corinthien et semblent caractéristiques d'une église chrétienne du VIe siècle ». Le même explorateur a signalé aussi, à Agâdir Irîr, des chapiteaux et des vestiges d'un travail byzantin très accusé, « ce qui ouvre un jour tout à fait nouveau sur la domination byzantine dans cette partie de l'Afrique ». Il faut convenir cependant qu'on ne saurait considérer le Soûs comme ayant été occupé par les Byzantins qu'en présence de documents péremptoires. L'art berbère s'est directement inspiré de l'art byzantin et la présence d'un travail byzantin n'implique pas nécessairement l'occupation grecque. Cette occupation fut si précaire que les empereurs ne purent même pas conserver Tanger : à l'époque de l'invasion musulmane, il ne restait plus de la Tingitane que le territoire de Ceuta, commandé par le comte Julien, qui, vraisemblablement, n'avait plus avec sa métropole que des rapports de pure forme. Tout le reste de la province était revenu aux indigènes, lesquels, d'ailleurs, n'avaient jamais été sérieusement inquiétés depuis l'invasion vandale. Le seul vestige de la conquête romaine fut un semblant de christianisme qui se maintint çà et là et que les auteurs musulmans nous signalent encore à l'époque d'Idrîs. Ce christianisme, cependant, ne semble jamais avoir pénétré très profondément les masses : on en recueillerait encore de nos jours quelques survivances, au lieu qu'on n'en retrouve absolument rien. Masqueray a bien mis en lumière la nature du christianisme berbère. « Ils n'ont jamais, dit-il, embrassé cette religion avec tant de zèle que quand elle était persécutée par les empereurs ». Dès que le christianisme devient la religion officielle, ils sont schismatiques ou hérétiques. Ils combattent d'abord les musulmans comme chrétiens, puis, islamisés, ils les combattent comme khâredjites, au nom de ce même Mahomet dont ils viennent d'embrasser la religion. Si l'on s'en rapportait aux listes d'évêchés que nous ont laissées les écrivains ecclésiastiques,

on donnerait sans doute une importance exagérée à ce que fut l'élément chrétien au Maroc. D'autre part, ici comme dans le restant de l'Afrique Mineure, les auteurs arabes nous citent des tribus qui professaient le judaïsme, sans que nous sachions au juste ce qu'était ce judaïsme, ni dans quels rapports il se trouvait vis-à-vis du judaïsme professé par les Juifs anciens qui se trouvent encore au Maroc.

§ 2. — La conquête arabe et les premières dynasties.

La conquête arabe du VII[e] siècle n'a pas le caractère d'une invasion, qu'on se plaisait jadis à lui donner; les expéditions aventureuses des premiers généraux, même la célèbre campagne de Okba ben Nafi, ne laissaient pas après elles de domination effective. On sait qu'en 682, ce fameux général, après avoir traversé tout le Maghrib, se présenta devant Ceuta, dernier débris de l'empire byzantin d'Afrique et où le « comte Julien » gouvernait au nom de l'empereur de Constantinople; se sentant débordé, Julien préféra faire sa soumission pour garder son gouvernement et il lança Okba dans les régions méridionales du Maroc. Celui-ci ne s'arrêta que dans le Soûs : la légende, qui suppose qu'il traversa l'Afrique Mineure de part en part et de l'est à l'ouest, raconte qu'il ne s'arrêta que devant l'Océan Atlantique, et que poussant son cheval dans les vagues de la mer, il s'écria : « O Dieu! je te prends à témoin que, seuls, les flots de l'Océan m'empêchent de porter plus loin la vraie religion ». Mais cette longue chevauchée, moins longue pourtant qu'on ne pourrait le croire, car le « Soûs » dont il est ici question ne correspond pas à la province actuelle de ce nom et doit tout au plus s'entendre du « Hoûz » actuel, ne laissa derrière elle aucune trace durable. Peut-être n'en fut-il pas autrement des massacres ordonnés plus de vingt ans après par Moûsa ben Nocéir, qui, en 705, fut investi par le khalife de Damas du gouvernement du Maghrib. Ce général ordonna, en effet, contre les Aouréba une campagne sans pitié et s'avança lui-même aussi loin que Sidi Okba. Puis, en 709, il entreprend la conquête de l'Espagne, aidé de son lieutenant berbère Tarik ou Tarif (ces deux noms désignant vraisemblablement le même personnage), car ce ne sont pas les petites armées syriennes de Moûsa qui ont conquis l'Espagne, ce sont les hordes des Berbères. Peut-être, d'ailleurs, en donnant ainsi satisfaction à l'esprit belliqueux de leurs turbulents sujets, les gouverneurs arabes de l'Afrique pensaient-ils asseoir plus facilement leur domination, et il est possible que ce calcul se soit trouvé juste. Mais la légende a donné de la conquête de l'Espagne une autre explication. D'après elle, comme Narsès avait appelé Alboin en Italie et Boniface les Vandales en Afrique, ce fut le comte Julien qui lança les Arabes en Espagne pour venger l'outrage fait par Roderik, roi des Visigoths, à sa fille, qu'il avait envoyée à la Cour. Quoi qu'il en soit, vers 730 l'empire des khalifes avait atteint sa plus grande expansion : du fond de l'Orient jusqu'à la mer des Ténèbres, les muezzins, cinq fois par jour, proclamaient qu'il n'y a qu'un Dieu et que Mahomet est son prophète : l'Afrique Mineure entière, l'Espagne, le midi de la France reconnaissaient comme maître le Commandeur des Croyants, l'Oméiade de Damas. On sait comment cet immense empire se désagrégea et se transforma, soit en royaumes dissidents, soit en principautés vassales, mais, en fait, absolument indépendantes de leur suzerain : c'est par l'Extrême-Occident que la dissolution commença.



Fig. 4. — Une des portes restées debout de la basilique de Volubilis. (Cliché de M. Doutté.)

Okba ben Nâfi, Moûssa ben Nocéir, les premiers conquérants arabes avaient eu à combattre des

indigènes chrétiens, juifs ou idolâtres : mais, dès que les musulmans leur eurent appris à balbutier la *chehâda*, c'est comme musulmans, c'est au nom d'Allâh qu'ils combattirent ceux-là mêmes qui leur avaient apporté la bonne parole du Coran. Comme, jadis, ils avaient dressé l'église donatiste contre l'église catholique, ils opposèrent au dogme orthodoxe le dogme *khâredjite* : ce khâredjisme était une sorte de puritanisme égalitaire et farouche dont les sectateurs avaient terrorisé l'Orient et failli renverser l'empire oméiade. Battus, mais jamais abattus, ils se formaient en sociétés plus ou moins secrètes et étaient pour les khalifes un sujet constant d'inquiétudes. Ils envoyèrent des missionnaires en Occident, qui trouvèrent naturellement le terrain merveilleusement préparé pour une révolte contre le khalifat et ses gouverneurs : tant il est vrai qu'au Maghrib les grandes révolutions se sont toujours faites sous le manteau de la religion. Les Maghribins donc embrassèrent avec passion les doctrines de cette secte dont les violences répétaient, à plusieurs siècles de distance, les excès des donatistes et les fureurs des circoncellions : toutes les grandes révoltes qui, pendant plusieurs siècles, occupèrent les gouverneurs de l'Ifrikia se firent au nom du khâredjisme et, vers 771, ces sectaires fondaient à Tiaret un véritable empire. Une autre dynastie, qui devait devenir aussi un des remparts des khâredjites, se fondait à Sidjilmassa (Tâfilelt) en 757 et y devait régner presque deux siècles et demi. A la vérité, les khâredjites ne paraissent guère avoir dominé à l'ouest du Maroc. Mais, là encore, devant les musulmans, se dressaient des hérésies directement sorties de l'islamisme. C'est ainsi que les Berghouâta étaient convertis à la religion de Salhiben Tarif (745), prophète plagiaire de Mahomet, auteur d'un Coran et de tout un système de rites religieux, qui devait subsister encore plusieurs siècles. En 750, les Oméïades de Damas disparaissaient pour faire place aux Abbassides, qui, quelques années plus tard, se fixaient à Bagdad. L'influence des Persans, dont les aspirations religieuses n'étaient pas satisfaites par l'austère orthodoxie de Mahomet, avait préparé cette révolution, qui était en même temps une protestation contre le laisser-aller sceptique de la Cour de Damas. Cinq ans plus tard, l'Espagne répondait en répudiant les Abbassides, renversait leur gouverneur, intrônisait un Oméïade et échappait définitivement au khalifat de Bagdad, auquel elle opposait, avec non moins d'éclat, on le sait, le khalifat de Cordoue. Le Maghrib n'allait pas tarder à suivre l'exemple de l'Espagne, mais par une révolution d'une teinte religieuse plus accentuée.

Les Abbassides n'avaient nullement donné satisfaction aux descendants d'Ali et aux tendances religieuses des Persans chiites; la cour de Bagdâd suivait les traditions de celle de Damas et s'absorbait, d'ailleurs, dans les luttes des orthodoxes et des libres-penseurs motazilites, sans accorder aux Alides les avantages qu'ils avaient espérés : bien plus, ils étaient traqués et condamnés à mort. L'un d'eux, Idrîs ben Abdallâh, descendant direct du Prophète, s'étant échappé, réussit, après de dramatiques pérégrinations, dont les auteurs arabes nous ont conservé le détail, à se réfugier au fond du Maghrib; il parvint à cette Oulîli, la Volubilis des Romains, dont nous avons déjà parlé et s'y établit parmi les Aouréba. Là, sa puissance s'accrut au point que, vers l'an 788, il fondait un véritable empire, dont il étendait ensuite les limites jusqu'à Tlemcen d'une part et jusqu'à l'Atlantique de l'autre. Il mourait en 793 : enterré dans le Jbel Zerhoun, il est devenu le grand patron, le saint national, en quelque sorte, du Maroc. Idrîs était mort assassiné par un émissaire du khalife de Bagdad : son fils posthume, élevé par les soins de Râched, fidèle affranchi qui avait suivi la fortune de son maître, lui succéda en 804, et fut, vers l'an 807, le fondateur de la ville de Fez, où il établit, une dizaine d'années plus tard, une nombreuse population de musulmans d'Espagne, chassés à la suite d'une rébellion par le khalife. Ce fut le noyau de cette population citadine de Fez, à laquelle le Maroc dut vraisemblablement le meilleur de ses manifestations littéraires et artistiques, et aussi le caractère si souvent étroit et fanatique de son gouvernement. Ainsi, des Alides, des Chiites avaient réussi à fonder un empire dans le domaine des Khalifes, et cela à côté des Khâredjites, leurs mortels ennemis! Rien n'indique mieux le caractère protestataire de ces révolutions religieuses : à la vérité, le khâredjisme était beaucoup plus conforme au caractère des indigènes que les exagérations du chiisme; aussi bien, le chiisme des Idrissides ne semble jamais avoir été accusé et paraît avoir été réduit finalement à une question dynastique, au point qu'aujourd'hui on risquerait de se faire lapider si l'on proclamait dans Fez qu'Idrîs fut un chiite. Si Idrîs Ier est devenu le patron du Maroc, Idrîs II est devenu celui de Fez, où il est plus vénéré que son père : un Fassien ne passe pas une journée sans prononcer plusieurs fois le nom de Moulaye Idrîs.

Après la mort d'Idrîs, commence dans l'histoire du Maroc une période étrangement confuse : l'empire, démembré en dix grands commandements, se désagrège, et les descendants d'Idrîs s'épuisent en luttes les uns contre les autres. Jusqu'ici, les Aouréba avaient été au premier plan : les Miknâssa apparaissent avec leur chef Ibn Abou'l Afia et, pendant tout le xe siècle, disputent l'empire de Fez aux Idrîssides avec des alternatives de revers

et de succès. A la vérité, Miknâssa et Idrîssides ne sont que des jouets entre les mains de souverains plus puissants : depuis l'an 909, en effet, une nouvelle puissance est apparue à l'Orient de l'Afrique Mineure, où un autre alide, Obéid Allâh le Mahdi, un pur chiite celui-là, a fondé un empire qui s'étend bientôt du Caire jusque sur la Moulouia et qui menace d'englober Fez ; d'autre part, le khalifat oméiade de Cordoue est à l'apogée de sa puissance et cherche à s'annexer le Maghrib el Aksa. Les Idrîssides et les Miknâssa ne sauraient être que des satellites de ces deux grands États ; ils sont toujours au service de l'un d'eux ; quand l'un reconnaît la suzeraineté des Fatimides, l'autre devient le vassal des Oméiades et la lutte se déroule ainsi sans résultat décisif : vers 960, les Oméiades commandent à Fez ; vers 970, ce sont les Fatimides. Enfin, en 973, les Oméiades, lassés des innombrables trahisons des Idrîssides, les détruisent complètement, les poursuivent jusque dans le Rîf, où sur un rocher sauvage s'élevait la ville de Hadjrat-en-Nasr (le rocher de l'aigle), boulevard réputé imprenable de leur dynastie, et emportent d'assaut ce dernier refuge. Désormais les Idrîssides sont rayés de l'Histoire ; ils continueront seulement à s'épuiser dans quelques obscures intrigues. Les Miknâssa ne sont pas pour cela les maîtres de la situation, car une autre grande tribu, les Mâghraoua, qui viennent de conquérir Sidjilmassa, devient maîtresse de Fez sous les ordres de son chef Zîri ben Atia, qui fonde une petite dynastie. Ce ne sont plus que des guerres de partis, et ces dynasties indigènes n'ont jamais eu de véritable grandeur ; chaque fois que, dans ce pays, une dynastie a manqué d'un drapeau religieux, elle s'est épuisée dans les dissensions des çofs et dans les luttes de partis. L'idée religieuse seule s'est jusqu'ici montrée capable de grouper les masses indigènes.

§ 3. — Les Almoravides et les Almohades ; l'invasion hilalienne.

Le Maghrib el Aksa était à la merci du moindre conquérant qui aurait la force de conduire et de diriger une invasion : cette invasion vint d'un côté d'où personne ne l'attendait, du sud. Il y avait, sur les bords du Sénégal, des tribus de Sanhdâja (d'où vient d'ailleurs le mot « Sénégal ») que l'on appelait les « Sanhâdja au *litâm* », c'est-à-dire au voile, parce que, comme beaucoup de Sahariens, ils se voilaient le visage. Une de ces tribus, les Lemtoûna, avait été convertie par les missionnaires musulmans qui habitaient un *ribât* ou « couvent fortifié » dans un îlot du Sénégal. De ce lieu de retraite pour la prière et de préparation pour la guerre sainte partaient de fructueuses razzias dont le prosélytisme était le prétexte et l'amour du pillage le mobile le plus puissant. Ces Lemtoûna, tout islamisés qu'ils étaient, restaient cependant de barbares nomades, turbulents et prêts à toutes les aventures, ne professant d'ailleurs qu'un islamisme grossier et anthropomorphique bien éloigné de l'orthodoxie. On les appelait *El Morâbitîn*, à cause du ribât dont nous avons parlé, et ce mot avait le sens de « guerriers de la guerre sainte » ou *modjâhidîn*. Une première course à travers le désert, un premier *raid*, dirions-nous aujourd'hui, les conduisit à Sidjilmassa, qu'ils enlevèrent aux Maghrâoua avec un énorme butin. Mis en goût par cette première aventure, ils ne résistèrent pas à l'appel de leur chîkh Abou Bekr ben Omar, qui les exhortait à la conquête du Maghrib sous couleur de mission et de guerre sainte. En 1056, il les entraînait dans le sud du Maroc, traversait le Soûs, prenait Taroudant, franchissait l'Atlas, détruisait le royaume d'Aghmât, au pied nord du Haut-Atlas, et épousait la veuve du roi, la belle Zîneb, magicienne, disait-on, et qui devenait sa conseillère politique. Rappelé au Soudan par une révolte, il abandonnait le commandement de son armée à son cousin Yoûssef ben Tâchfîn, auquel il laissait en même temps Zîneb : Yoûssef épousait à son tour cette Egérie africaine et, en 1062, fondait la ville de Merrâkech, où l'on peut voir aujourd'hui le modeste tombeau de ce hardi conquérant. A travers sa conquête du Maroc septentrional, il rencontrait des tribus idolâtres, peut-être des débris de chrétiens, à coup sûr des hérétiques comme les Berghouâta dont nous avons parlé, et dont les Almoravides firent de grands carnages. L'islamisme grossier des nouveaux conquérants était encore, à l'extrême rigueur, un progrès sur les religions plus ou moins altérées que professaient les tribus ; ils convertissaient surtout d'ailleurs avec le sabre. La crainte du pillage et des supplices hâtait les conversions, et des *fekîhs* fanatiques veillaient au maintien de la vraie foi. René Basset compare justement l'invasion des Almoravides à celle des Vandales : destructeurs comme eux, irrésistibles aussi dans la poussée d'invasion de leurs hordes barbares, les Almoravides étaient, comme les Vandales, des hérétiques, des sectaires, à l'esprit fanatique, inspirés aussi par un clergé étroit, piétiste et persécuteur. En 1062, ils prennent Fez, le perdent, le reprennent en 1069 et mettent la ville à sac après un terrible carnage ; le Rîf, Tlemcen tombent en leur puissance et Yoûssef ben Tâchfîn ne s'arrête qu'à Alger, en 1083. Appelé en Espagne par ses coreligionnaires pour lutter contre les chrétiens, il subjugue tous les petits roitelets mahométans et ne s'arrête qu'après avoir fait peser sur toute l'Espagne musulmane le joug de sa domination sectaire. Ce fut un coup mortel porté à cette brillante civilisation qu'entretenaient avec tant d'éclat les petites cours anda-

louses. Yoûssef mourait en 1106, laissant à ses successeurs un empire qui s'étendait de l'Ebre au Soudan et de l'Atlantique à la Mitidja : mais ces empires barbares durent peu; les Vandales s'étaient fondus en cent ans, les Almoravides se désagrégèrent en trois quarts de siècle. Une autre puissance religieuse s'élevait dans les montagnes de l'Atlas.

Entre temps, un événement d'une importance capitale pour les destinées du Maghrib tout entier s'était produit : nous voulons parler de l'invasion hilalienne du XIe siècle. Ce n'est pas ici le lieu de raconter l'origine de la grande invasion arabe qui jeta dans l'Afrique Mineure quelque deux cent mille nomades, pillards sans foi ni loi, incapables d'obéir à un grand chef. Ils ravageaient les campagnes, emportant les villes d'assaut, impuissants du reste à les conserver : car, maîtres un instant des places les plus fortes, ils n'ont jamais pu les garder. Les petits princes leur ouvraient leurs portes, s'en faisaient des alliés contre leurs rivaux, introduisant ainsi dans leurs États les pires éléments d'anarchie. « Ils pénétrèrent partout, dit Masqueray, excepté dans les gorges des hautes montagnes, poussèrent dans toutes les plaines dévastées leurs troupeaux de moutons et de chameaux, empêchèrent le commerce, ruinèrent l'industrie, firent enfin de la majeure partie de l'Afrique du Nord la terre pauvre et nue que nous avons comme découverte dans ce siècle avec une sorte d'horreur. » Ils ne dominèrent nulle part, tout en détruisant partout : aussi leur action n'est-elle pas sensible lorsqu'on étudie simplement l'histoire des dynasties. Comme ils ne sont jamais que des pillards ou des « condottieri », leur nom n'apparaît pas habituellement. Ils n'en ont pas moins eu la plus funeste action politique : les Almoravides et les Almohades ne cessèrent de lutter contre eux, et ils furent une des causes de la faiblesse des Mérinides. Ils n'avaient épargné que les parties inaccessibles des grands massifs montagneux ; aussi le Maroc fut-il relativement respecté par eux ; le Haut-Atlas, le pâté montagneux des Brâber, les naturelles citadelles du Rîf furent à peu près indemnes de leur infiltration. Au contraire, les plaines furent envahies; les conséquences ethnographiques de cet envahissement se devinent, et c'est évidemment à lui qu'est due en majeure partie l'arabisation et l'islamisation de nos indigènes algériens; mais on aurait certainement tort d'exagérer cette influence. Rien ne ressemble plus à un nomade qu'un autre nomade : or, avant que les hordes de Hilâl et de Soléim envahissent le Maghrib, il y avait déjà dans ce pays des indigènes nomades et musulmans. Sans doute, les Arabes du XIe siècle étendirent l'emploi de leur langue, mais le fait même que l'arabe était la langue officielle devait suffire à en propager l'usage; sans doute aussi ils hâtèrent l'islamisation des populations, bien qu'eux-mêmes n'eussent qu'un minimum de religion, mais cette islamisation fut encore bien plus l'œuvre lente des missionnaires musulmans qui depuis plusieurs siècles parcouraient le Maghrib, et d'ailleurs le grand renouveau de l'Islâm au Maghrib ne coïncide pas avec l'invasion hilalienne ; c'est plus tard qu'il se produit. En revanche, il est certain qu'il n'existe plus une seule tribu arabe qui n'ait été largement infusée de sang indigène, et l'expression de « race arabe » dans l'Afrique Mineure et spécialement au Maroc n'a plus de sens précis.

Nous avons fait allusion à la révolution qui se préparait dans les montagnes du Haut-Atlas : au sud de Merrâkech habitaient les tribus des Masmoûda. Un individu du village de Tin Mêl, agglomération perdue dans les gorges du haut Oued Nefis, était allé s'instruire en Orient : il se nommait Ibn Toumert. Imbu des doctrines de l'*acharisme*, ayant de plus été, si l'on en croit la légende, le disciple du célèbre Ghazzâli, fondateur de la loi mystique musulmane, il revenait à petites étapes vers son pays natal. Chemin faisant, il s'essayait au rôle de zélateur, à Bougie, à Tlemcen, où il s'adjoignait comme disciple un certain Abdelmoûmen, fils d'un potier de la tribu des Koumia, à Merrâkech enfin, où ses prédications lui valurent d'être expulsé de la ville. Contraint de se réfugier dans les montagnes de son pays, il y organisait son rôle de réformateur religieux : il se donnait pour l'*imâm el Mehdi*, ce personnage qui, d'après l'eschatologie musulmane, doit venir clore le drame du monde d'ici-bas en faisant régner pendant quelque temps la Justice sur la terre et que nos Algériens appellent le « Maître de l'Heure ». Il démasquait les hérésies des Almoravides, leurs erreurs théologiques, leurs doctrines anthropomorphiques, et son érudition lui donnait beau jeu à ce sujet; il composait des ouvrages où étaient exposées ses doctrines et les traduisait même en berbère, pour les mettre à la portée de ses coreligionnaires. Il se posait aussi en réformateur des mœurs et dénonçait le luxe de la Cour de Merrâkech ; il ne dédaignait pas enfin d'affirmer sa mission par des miracles qu'une thaumaturgie peu scrupuleuse lui permettait de préparer artificieusement. Il avait fait de Tin Mêl une ville fortifiée, l'avait ornée de quelques monuments, entre autres d'une mosquée qui s'est conservée à travers quelques restaurations et dont les ruines laissent encore aujourd'hui au visiteur une impression de gracieuse simplicité. Lorsqu'il mourut en 1128, il avait groupé sous sa domination toutes les tribus des environs, il avait fondé une école, établi une doctrine, organisé une armée, donné à ces populations montagnardes qui avaient la haine des bédouins barbares, comme en étaient les Lemtouna, la

conscience de leur force et l'ardeur du prosélytisme. Son confident Abdelmoûmen lui succédait, homme d'une vaste intelligence, profond politique, joignant aux dons de l'esprit ceux du corps, car il était beau, sympathique, brave et infatigable. En 1130, il annonçait à ses tribus qu'il allait les mener à la guerre sainte, envoyait des émissaires partout jusqu'en Espagne, pour surexciter le mécontentement, et se lançait dans sa grande entreprise. Jamais conquête ne fut plus foudroyante : en 1134, il était à Salé, en 1142, en Espagne, où il prenait successivement Cadix, Xérès, Malaga, Cordoue, et Grenade en 1145; le mécontentement causé en Espagne par l'étroit fanatisme des Almoravides le servait. En 1145, Tlemcen et Fez succombaient; en 1147, il réduisait Merrâkech, Aghmât et Tanger; en 1150, Méquinez ; en 1152, Bône et Constantine; en 1160, Tunis, puis Sousse, Kairouan, Sfax, Mehdia, Gabès, Tripoli et le désert de Barca : le fils du potier avait fondé le plus grand empire musulman d'Occident qui eût jamais existé; il avait créé une armée fortement organisée, où les milices chrétiennes de Francs et d'Espagnols combattaient à côté des Marocains et des Soudanais; il n'eut guère le temps de faire bâtir de grands monuments, mais fit fortifier toutes les villes et, comme Auguste, fit cadastrer ses États. Son fils Abou Yakoûb Yoûssef qui lui succéda en 1163 fut aussi un grand roi, malgré les difficultés qui l'assaillirent, la grande révolte des Ibn Ghania qui mit à feu et à sang le Maghrib central, la cruelle défaite de Santarem en Espagne, la lutte quotidienne avec les Arabes, perpétuel élément de désordre. Son fils Abou Yoûssef Yakoûb el Mançoûr fut encore un puissant souverain qu'illustra en 1184 la grande victoire d'Alarcos contre les Espagnols : mais son titre de gloire le plus durable réside sans doute dans le remarquable ensemble de splendides monuments dont il fit orner l'Espagne et le Maroc. La Koutoubia de Merrâkech, la Giralda de Séville, la tour de Hassan à Rabat (fig. 5) restent parmi les plus belles manifestations de l'architecture musulmane au Maghrib. Il fut le fondateur de la ville de Rabat (Ribât el Fath, « le camp de la victoire »), dont le plan fut, dit-on, imité de celui d'Alexandrie et dont les rues, droites et larges, contrastent heureusement avec celles des vieilles cités marocaines. Après El Mançoûr, la décadence commence. En Espagne, la *reconquista* s'affirme par la victoire des Chrétiens sur les Musulmans à la célèbre journée de Las Navas de Tolosa; dans le Maroc, aux menées des Arabes se joint l'envahissement progressif de l'empire par les Beni Abdelhak (Beni Mérîn) venus du Sahara par la vallée de la Moulouia. Les derniers Almohades se débattent au milieu de la désagrégation de leur empire : parmi eux, la personnalité d'El Mamoûn se détache (1227) ; élevé en Espagne, habitué aux chrétiens, marié à une chrétienne, il répudie le Mahdi son ancêtre, en le traitant d'imposteur; c'était un homme remarquablement libéral, mais ce n'est pas en rompant ainsi brutalement avec les traditions almohades qu'on pouvait espérer consolider la monarchie.

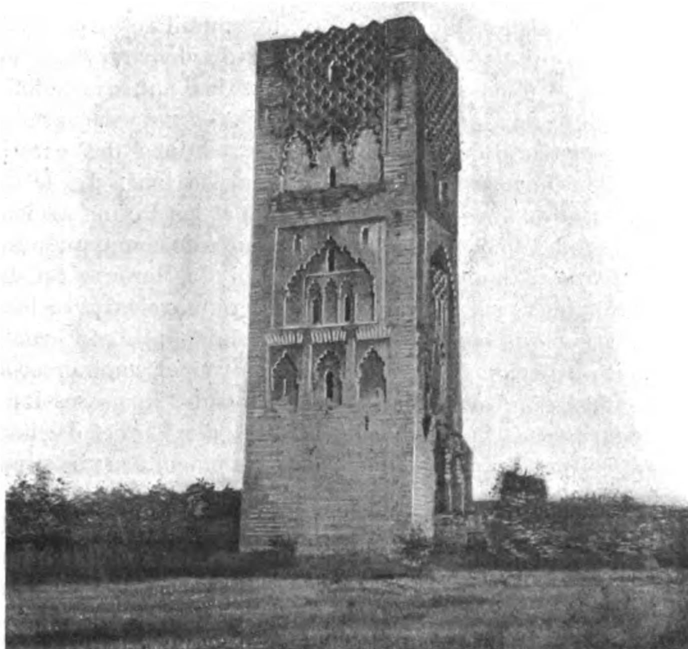


Fig. 5. — *La tour de Hassan, à Rabat.* (Cliché de M. Doutté.)

L'empire fondé par Abdelmoûmen était trop étendu et manquait d'unité à une époque où les moyens de communication rapides n'avaient pas encore supprimé les obstacles naturels : trop long, il se cassait.

L'Ifrikia (Tunisie) s'affranchissait la première sous l'autorité d'un Almohade, Abou Hafs. Le royaume de Tlemcen, à son tour, avec le Maghrib central, devenait la proie des Beni Abd el Ouad, tribu venue du Djebel Amour, dans le Sud algérien; les Beni Merîn enfin portaient les derniers coups à l'empire. En 1248, ils s'installaient à Fez et dix-huit ans plus tard à Merrâkech, fondant ainsi une deuxième grande dynastie indigène.

§ 4. — Les Mérinides, l'influence chrétienne et la réaction chérifienne.

Ainsi, malgré deux invasions, les Arabes n'ont pu prévaloir dans le Maghrib : ce sont, d'ailleurs, des Maghribins qui ont fait toutes les grandes révolutions de ce pays. « Avec Tarik, ils ont conquis l'Espagne; avec les Fatimites, l'Egypte; avec les Aghlabites, la Sicile. Zellaka, Alarcos, Las Navas de Tolosa, ces grandes pages de l'histoire universelle, sont des pages de l'histoire des Berbères » (Masqueray). Traînées dans de lointaines campagnes à la solde des princes, déportées par mesure politique, fractionnées à l'infini, les tribus arabes vont peu à peu se fondre dans l'élément indigène et les dernières convulsions causées par l'invasion hilalienne se calmeront. Mais, ce qui distingue profondément les Beni Merîn de la dynastie précédente, c'est l'absence de caractère religieux, de ces idées de mission et de prosélytisme qui avaient permis à Idrîs, à Abou Bekr ben Omar, à Ibn Toûmert, d'enflammer les masses et de faire taire ces rivalités de parti dans lesquelles s'épuisent habituellement les tribus de l'Afrique Mineure. Est-ce cette absence de bannière religieuse qui fut cause que les Beni Merin, pendant quelque trois siècles et demi, ne s'élevèrent jamais au niveau d'un grand État? Cette difficile période de l'histoire du Maroc est encore pour nous si obscure, les événements en sont si complexes, elle a été si peu travaillée, que nous ne la comprenons pas encore. Dans l'écheveau embrouillé des annales que nous ont laissées les chroniqueurs musulmans, nous manquons encore d'un fil conducteur. Et cependant aucune époque n'est plus importante à connaître : la renaissance de l'Islâm qui se manifestait au xvie siècle s'y élabore, la mission musulmane travaille les masses, le mysticisme fermente, l'Islâm s'exaspère lentement au contact grandissant du chrétien, jusqu'au jour où il réagira brutalement contre lui avec la révolution chérifienne. C'est là le travail sourd qui se fait au sein des populations, toute une force qui s'accumule et que la dynastie ne sut ou ne put détourner à son profit. En dehors de cette fermentation secrète, aucun progrès ne se manifeste au point de vue politique. Les Beni Merîn, dont le domaine correspond assez bien au Maroc actuel, s'épuisent en luttes contre les Beni Abdelouâd de Tlemcen, qui tiennent le Maghrib central, et contre les Beni Hafs de Tunis, avec des alternatives de revers et de succès. Le premier grand roi de la dynastie, Abou Yoûssef Yacoûb el Mançoûr (homonyme de l'Almohade), qui bâtit Fez-la-Nouvelle en 1276, passe sa vie en luttes avec le fondateur du royaume de Tlemcen, le fameux Yarmorâcen (1258-1286). Tlemcen, sous ses successeurs, est assiégé pendant huit ans sans succès (1299-1307). Le Maghrib central, conquis en 1300, est perdu presque aussitôt. Tlemcen est pris en 1335, puis le Maghrib central en 1337, puis Tunis en 1346 et pendant un instant les Beni Merîn commandent à toute l'Afrique Mineure. Mais tout cela leur échappe rapidement : une dernière fois Bougie et Tunis sont conquises et reperdues en 1382. Des trois Etats qui se partagent l'Afrique du Nord aucun n'arrive à prédominer sur les autres. Les deux invasions de l'Andalousie que tentent les Beni Merîn en 1327 et en 1382 sont aussi instables. L'heure approche d'ailleurs où la *reconquista* sera complète, et ce sont maintenant les chrétiens qui se font envahisseurs; les derniers Beni Merîn, de la branche des Beni Ouattâs, liés à la Chrétienté par des traités humiliants, perdent la confiance de leurs sujets et disparaissent définitivement en 1548 devant les nouveaux défenseurs de l'Islâm, les Chérifs.

Les relations des chrétiens et des musulmans dataient de loin; dès le début du xiiie siècle, les Gênois et les Pisans avaient avec les Almoravides des traités de commerce; un traité de Marseille avec le « roi de Maroc » est de l'an 1138. Ces traités furent renouvelés avec les Almohades, puis avec les Mérinides; ils concernaient la sécurité des personnes venant commercer au Maroc, la juridiction des consuls, la possession de fondouks (caravansérails), d'églises et de cimetières par les chrétiens en pays musulman; ils stipulaient encore la répression de la piraterie et, d'une façon générale, étaient fondés sur la réciprocité de traitement. Jusqu'au xive siècle, les échelles fréquentées par les navires chrétiens étaient Arzille (Azila), Tanger, Ceuta et les petits ports de la côte du Rîf. Ce n'est qu'au xve siècle qu'on commença à connaître les ports de la côte atlantique. Les traités commerciaux n'étaient pas les seuls accords qui intervinssent entre la chrétienté et le Maroc : à plusieurs reprises, des princes marocains conclurent avec des souverains chrétiens des alliances politiques. C'étaient généralement des princes dépossédés ou cherchant une aide pour leurs guerres de partisans : il y eut même, à un moment, un projet d'alliance entre Abou Yoûssef Yakoûb le Mérinide et Philippe III le Hardi pour une action commune en Espagne; les derniers Mérinides, réduits à mendier l'appui des mécréants, avaient dû, comme nous l'avons dit, accepter des conditions humiliantes. Ainsi l'influence chrétienne se développait sans cesse : depuis longtemps, d'ailleurs, les souverains marocains avaient auprès d'eux des milices chrétiennes à leur solde, milices composées exclusivement d'engagés volontaires, non de renégats, et commandées par des chrétiens. L'existence d'une telle troupe au service des Almohades nous est attestée par des documents, dès 1142,

et cet usage se perpétua pendant tout le Moyen-Age ; les princes chrétiens et le Saint-Siège en permettaient et en approuvaient le recrutement en Europe. La présence de ces milices, des commerçants européens, des consuls, avait amené dans les grandes villes la formation de « quartiers francs » qui leur étaient réservés ; le Pape put même, au XIIIe siècle, rétablir l'évêché de Fez, transporté ensuite à Merrâkech ; c'était le seul évêché de l'Afrique Mineure et il disparut avec la dynastie mérinide. En réalité, toute cette pénétration européenne devait plutôt choquer le monde musulman, car il n'y avait pas de rapprochement réel entre les deux sociétés : la religion creusait un infranchissable fossé. Le christianisme n'avait rien cédé de ses prétentions et, d'autre part, l'Islâm s'épurait lentement et devenait plus intolérant au contact du chrétien : c'est un processus qui s'observe encore de nos jours. L'immigration de nombreux Espagnols contribuait encore à exacerber l'intolérance ; la Chrétienté devenait tellement prépondérante en Espagne que de nombreux musulmans venaient se fixer en Afrique, apportant avec eux leurs rancunes et leur fanatisme. Aussi il semble bien que les difficultés d'application des traités se multipliaient de plus en plus ; la piraterie avait pris une extension de plus en plus considérable et avait revêtu le caractère d'une forme de la « guerre sainte ». La course, comme on la nommait, avait été dans les habitudes des chrétiens avant d'être dans celles des musulmans ; mais, alors qu'au XIVe siècle elle diminuait considérablement chez les chrétiens, elle prenait chez les Marocains des proportions inconnues jusqu'alors. Le début de cet essor datait, à vrai dire, du XIIIe siècle et il se manifeste clairement à nos yeux par l'apparition des ordres religieux rédempteurs. Jusque-là, les Dominicains et les Franciscains avaient suffi à la tâche du rachat des esclaves ; deux autres ordres : les Trinitaires et N.-D. de la Merci vont maintenant y consacrer leurs dévoûments. Ainsi les Mérinides paraissent à la dévotion des princes chrétiens et s'allient avec eux ; mais, au fond, la guerre est latente : l'arrivée en Afrique des Maures que l'Espagne chrétienne et fanatique va expulser et les tentatives d'envahissement des Portugais et des Espagnols vont précipiter le mouvement de réaction de l'Islâm.

Les Portugais, qui devaient devenir de si grands découvreurs du monde, eurent cependant dans la navigation des débuts plutôt modestes. La première de leurs conquêtes maritimes fut l'expédition contre Ceuta en 1415, au cours de laquelle cette ville fut prise. Don Henrique, celui qu'on devait appeler Henri le Navigateur, le grand initiateur des lointaines expéditions, y assistait. Si l'on en croyait la légende, cet homme de génie aurait conçu tout d'une pièce le projet de découvrir les Indes. Il semble cependant que son premier dessein ait été avant tout de poursuivre les conquêtes sur les Maures. Ce n'est que plus tard qu'il s'en laissa détourner, au fur et à mesure des découvertes faites par les Portugais sur les côtes d'Afrique. Mais il convient d'ajouter que, si la croisade contre les musulmans fut d'abord sa préoccupation, il y apportait cet esprit de curiosité scientifique qui caractérisa plus tard toute son œuvre. En 1437, eut lieu une désastreuse tentative contre Tanger et ce n'est guère qu'avec la seconde moitié du siècle que commencent les entreprises heureuses des Portugais sur le Maroc : prise d'El Ksar Es-Seghîr en 1458, destruction d'Anfa (Casablanca) en 1468, prise d'Arzila en 1471, reddition de Tanger la même année. A cette époque, tout le nord de la presqu'île de Tanger reconnaissait la suzeraineté portugaise. A l'est, les Portugais ont moins de succès ; ils échouent devant Mers el Kebîr en 1501, mais le début du nouveau siècle marque le commencement de leurs grands établissements sur la côte atlantique : en 1506, ils fondent Mazagan ; en 1507, ils prennent Saffi, ils fondent Santa-Cruz du Cap d'Aguer ; en 1513, ils prennent Azemmoûr et, au cours d'un raid audacieux dans l'intérieur, manquent d'emporter Merrâkech. Cette date marque le point culminant de leur domination : ils étaient obéis dans la plus grande partie de ce que nous appelons le Hoûz. Ils avaient avec les populations indigènes des rapports étroits et les administraient par l'intermédiaire de caïds qui correspondaient avec les gouverneurs en *aljamia*, c'est-à-dire en langue portugaise écrite avec des caractères arabes ; leur gouverneur le plus brillant était le fameux Lope de Barriga et leur meilleur soutien un chef indigène remarquable, Yahia ben Tafouf : ils avaient réellement tenté une œuvre de pénétration, bien qu'ils n'aient laissé de traces de leur occupation que sur la côte. Les entreprises des Espagnols sur le nord des côtes marocaines eurent un tout autre caractère : elles ne commencèrent qu'après la prise de Grenade et étaient naturellement la suite de la *reconquista* en même temps qu'elles répondaient aux provocations de tous les Barbaresques qui, avec les Maures expulsés, avaient organisé sur toute la Méditerranée une piraterie impitoyable. Ce furent donc, avant tout, des croisades, et les Espagnols ne se préoccupèrent jamais de l'organisation des indigènes autrement que pour se défendre contre eux : ils ne firent, du reste, à l'époque qui nous occupe, qu'une conquête sérieuse au Maroc : celle de Melilla, en 1496 ; puis leur activité se porta sur les côtes de l'est, où ils prirent successivement Mers el Kebîr, Oran, Tripoli, le Peñon d'Alger, Ténès.

Les chérifs saadiens qui allaient devenir les héros de la résistance musulmane habitaient dans le Dra; d'autres chérifs, comme eux, venus récemment d'Arabie, les chérifs filaliens étaient établis dans le Tâfilelt (Sidjilmassa); d'autres encore, du reste, étaient répandus çà et là dans le Maroc, et c'est l'époque à laquelle on voit sourdre des marabouts de toutes parts, dans toutes les tribus; le lent travail d'islamisation dont nous avons parlé devient apparent et l'invasion chrétienne détermine une recrudescence de la ferveur religieuse et de la mission. C'est l'époque à laquelle se rapportent la plupart des ancêtres éponymes des tribus, qui sont invariablement des marabouts venus de l'ouest et dont la légende localise l'origine dans la Saguiat el Hamra, au sud du Dra. Les chérifs saadiens vont d'abord occuper le premier plan : au commencement du xvie siècle, le Soûs reconnaissait l'autorité spirituelle et temporelle d'Abdallâh el Kâïm biamrallâh, c'est-à-dire « celui qui se lève par l'ordre de Dieu », nom significatif. Ses deux fils, El Mehdi et Abou l'Abbâs, entreprirent la guerre sainte entre les Portugais; ils étaient à Merrâkech lorsque les Portugais faillirent enlever cette ville et se flattèrent de l'avoir sauvée, ce qui contribua beaucoup à augmenter leur prestige. En 1516, ils font Lope de Barriga prisonnier; en 1567, Yahia ben Tafouf est assassiné; en 1520, Abou l'Abbâs s'établit à Merrâkech, pendant que le Soûs reste le royaume d'El Mahdi, qui fait régner une véritable prospérité dans cette province, y multiplie la culture de la canne à sucre, achève enfin de s'établir solidement. En 1536, il emporte d'assaut Santa-Cruz du Cap d'Aguer (Agâdîr) après une valeureuse défense du gouverneur qui est fait prisonnier et dont il épouse la fille. Les Portugais découragés, et d'ailleurs exclusivement occupés par les Indes, évacuent Saffi et Azemmoûr l'année suivante. C'est en vain que quarante ans plus tard Dom Sebastian voudra reprendre les anciennes traditions et faire la conquête du Gharb et de Fez : il n'aboutira qu'au désastre d'Alcazar (1578), où il trouvera la mort avec le prétendant qu'il soutenait, tandis que le roi de Fez, victorieux, rendait aussi le dernier soupir dans la même journée : d'où le nom de « bataille des trois Rois ». Cette défaite entraîne les plus grands malheurs pour le Portugal, qui, peu de temps après, est réuni à la couronne de Castille. Quand le duc de Bragance fut proclamé roi de Portugal en 1640, toutes les colonies marocaines ne lui revinrent pas : Arzila avait été évacuée, Ceuta préféra rester espagnole: quelques années ensuite, les Portugais donnaient Tanger à l'Angleterre, qui l'abandonnait en 1684. Il ne restait plus au Portugal que Mazagan, qui végéta jusqu'en 1769, époque où sa métropole se décida à évacuer une place qui n'était plus qu'une charge pour elle. Pour en revenir à nos chérifs, le sultan mérinide de Fez (car, à cette époque, il y avait un roi à Fez et un autre de la même famille à Merrâkech), avait été forcé de les approuver. Le Mérinide de Merrâkech était tué en 1519; celui de Fez en 1520 avait été battu et avait vu ses États réduits; en 1547, Méquinez était pris, et, en 1550, Fez tombait entre les mains d'El Mehdi, qui mettait fin au règne des Mérinides.

§ 5. — **Le chérifat.**

La dynastie saadienne remplit à peine un demi-siècle; ses princes passèrent tout leur temps à lutter contre l'aristocratie religieuse, qui s'élevait de toutes parts : des agitateurs comme le célèbre Aben Mahalli, sorti du fond du Sahara, mirent la monarchie à deux doigts de sa perte; de puissantes maisons maraboutiques, comme la grande zaouia de Dela, ne furent jamais réduites entièrement par eux. Tous ces marabouts prêchaient la guerre sainte : c'est que le mouvement chérifien n'était pas l'œuvre de quelques hommes, c'était l'aboutissant d'un mouvement religieux irrésistible. Un marabout nommé Mhammed el Ayyâchi se rendit presque indépendant à Azemmoûr et à Rabat, villes dont il fut gouverneur. Il traitait avec les princes d'égal à égal : ce fut un des plus rudes champions de la résistance aux chrétiens. Auprès de cette ville d'Azemmoûr, dont il avait fait un des boulevards de l'Islâm, son sanctuaire est aujourd'hui universellement vénéré, et il reste le parangon des *modjâhidîn* enterrés çà et là dans toute la région. Le plus grand règne des Saadiens est celui d'Abou l'Abbâs Ahmed el Mançoûr, surnommé encore Ed Dehebi, c'est-à-dire « le doré ». Proclamé le lendemain de la journée d'Alcazar, il bénéficia du désastre des Portugais et vit venir à lui des ambassades de presque toute l'Europe. Il conçut l'audacieuse pensée de conquérir le Soudan et l'exécuta. Tombouctou et les oasis du Sud algérien lui payèrent tribut; il orna Merrâkech de somptueux édifices et mourut en 1603, après vingt-cinq ans d'un règne brillant. Ses successeurs régnèrent au milieu de luttes avec les chérifs; mais, lorsque la dynastie disparut pour faire place à celle des chérifs Filâli, le makhzen marocain, tel que nous le connaissons de nos jours, était fondé. Le chérifat avait bien mérité du Maroc; il l'avait sauvé du Chrétien et en même temps du Turc. Issu, à l'occasion de la réaction contre l'envahisseur mécréant, du lent mouvement que nous avons signalé, il aboutissait à cette forme d'Etat étroite et fanatique que nous décrirons plus loin et qui, somme toute, satisfaisait les aspirations religieuses du pays. Aussi la substitution de la dynastie des

Filalis, qui tient encore actuellement le pouvoir, à celle des Saadiens, ne devait pas apporter de changements notables à la forme du gouvernement et de la société du Maroc, et, si les annales politiques des cent cinquante dernières années présentent de l'intérêt, c'est peut-être] principalement par l'histoire des relations du makhzen avec les Puissances et des efforts faits par celles-ci pour faire de nouveau pénétrer leur influence.

Er Rachîd, le premier des Filâlis, achève de renverser quelques grandes maisons maraboutiques, celle de Dela, par exemple, construit de nombreuses fortifications, jette sur le Sebou un pont qui est toujours le seul et prépare ainsi le grand règne de Moûlaye Ismâïl. Pendant ses cinquante-cinq ans de règne, le « Louis XIV » du Maroc, comme on n'a pas craint de l'appeler, déploie la plus étonnante énergie, et il laisse à sa mort (1672-1727) le Maroc pacifié et soumis, comme peut-être il n'avait jamais été, et certainement comme il ne fut jamais ensuite. D'un caractère cruel et même sanguinaire, il favorisa la course et eut à sa disposition un nombre énorme d'esclaves chrétiens, qu'il employait à des constructions. Car, comme tout grand souverain, il était grand constructeur. Méquinez, sa résidence favorite, le « Versailles » marocain, est plein de bâtisses énormes, que cette main-d'œuvre gratuite lui permettait d'entasser sans aucun goût. Partout dans cette ville on retrouve les traces de l'architecture lourde et somptueuse, dont il embellissait ses palais et les maisons de toute sorte qu'il faisait édifier. La route de Fez à Méquinez était jalonnée de ponts et de casbas et semblait une voie triomphale. Moûlaye Ismâïl entretint généralement de bonnes relations avec la France : on sait qu'il demanda la main de Mlle de Conti. Autour de lui, il avait rendu les révolutions de palais difficiles en se constituant une célèbre garde noire, qu'on appela « les nègres de Sidi-l-Bokhari » ou les Bouâkher. Cette garde fut longtemps son plus solide rempart dans la paix comme à la guerre; mais elle prit plus tard une telle importance que les sultans durent la dissoudre : Méquinez est encore aujourd'hui, en grande partie, peuplée de Bouâkher. Les sultans qui ont gouverné le Maroc jusqu'à notre époque ont eu surtout pour principale tâche de se défendre contre les tentatives d'empiètement de l'Europe, qui devient de jour en jour plus envahissante. C'est de Moûlaye Slîmân (1792-1822) qu'elle obtint la suppression de la course et de l'esclavage des chrétiens; le règne de Moûlaye Abderrahmân (1822-1859) fut surtout marqué par la guerre avec la France (bataille d'Isly, bombardement de Mogador et de Tanger, 1844); le sultan suivant, Sidi Mohammed (1859-1873) se trouva, dès le début de son règne, aux prises avec l'Espagne qui, à la suite d'incidents graves survenus à Ceuta, occupait Tétouan et ne l'évacuait qu'après avoir fait signer au Chérif un traité par lequel il s'engageait à lui payer une indemnité de 100 millions et à lui céder, sur la côte Atlantique, le port de Santa-Cruz de Mar Pequeña, port ruiné depuis longtemps, et sur l'emplacement duquel les deux gouvernements n'ont jamais pu tomber d'accord. Moûlaye Hassan (1873-1894), le dernier souverain, eut un règne difficile, réussit cependant, à force de diplomatie, à pacifier à peu près l'intérieur de son empire et à présenter à l'Europe un semblant d'État marocain. L'acte le plus important de son règne est la signature de la convention de Madrid, par laquelle le Maroc et les puissances ont réglementé la protection, et qui marque, à n'en pas douter, un grand progrès pour la pénétration européenne. La lutte



Fig. 6. — *Moûlaye Abdelazîz, sultan régnant du Maroc.* (Cliché de M. Veyre.)

contre cette pénétration est maintenant la grande œuvre des souverains marocains : mais, depuis un an, le jeune sultan, Moûlaye Abdelazîz (fig. 6) semble vouloir entrer dans une voie nouvelle et faire des concessions à l'Europe. Nous décrirons prochainement le makhzen tel qu'il était il y a un an, et tel qu'il est certainement encore : depuis cette époque, il souffle un vent de réformes auquel l'empereur pousse de toute sa force ainsi que le favori El Mnebbhi[1]. On n'emprisonne plus, paraît-il, les fonctionnaires en disgrâce, on exige de tous les serviteurs du Gouvernement un serment solennel, l'assiette de l'impôt est établie par des fonctionnaires différents de ceux qui les recouvrent (réforme déjà tentée, du reste, par le précédent sultan), on parle même de chemins de fer... Il convient d'attendre, avec réserve, mais sans pessimisme, avant de se prononcer sur l'avenir réservé à cette nouvelle orientation, si peu conforme aux traditions qui ont assuré jusqu'ici au makhzen son isolement et son intégrité[1].

Edm. Doutté,
Chargé de Cours
à l'École Supérieure des Lettres d'Alger.

[1] **Littérature.** — L'histoire du Maroc est encore à écrire ; elle se lie intimement à celle du restant du Maghrib, mais, tandis que l'Algérie et la Tunisie ont déjà été l'objet de nombreuses études historiques, le Maroc n'a encore été l'objet d'aucune de ces grandes monographies qui aident tant les historiens.

Il faut cependant excepter la période des Almohades que concerne le remarquable travail de Goldziher, *Materialen z. Kenntn. d. Almohadenbewegung*, in *Z. D. M. G.*, LI, 1887, p. 39. Un nouveau travail du même savant sur la doctrine almohade paraîtra en tête de l'édition des œuvres d'Ibn Toûmert, que prépare en ce moment le Gouvernement Général de l'Algérie.

L'ouvrage de Mercier : *Hist. de l'Afr. Sept.*, 3 vol., Paris, 1888-1891, renferme un bon résumé de l'histoire générale du Maroc et est une bonne préparation à son étude ; on trouvera aussi un résumé dans Meakin, *The moorish Empire*, Londres, 1899, mais moins consciencieux, à notre avis, que celui de Mercier ; au commencement du livre se trouve un tableau détaillé des dynasties marocaines, qui pourra être utile aux étudiants.

Comme résumé court et n'omettant pas de faits essentiels, on peut indiquer l'article *Maroc* de la *Grande Encyclopédie*, par de La Martinière.

Pour l'antiquité spécialement, le livre de Tissot : *Recherches sur la géographie comparée de la Maurétanie Tingitane*, 1 vol., Paris, 1876, est un ouvrage capital.

Le résultat des nombreuses fouilles de M. de La Martinière est épars dans les recueils suivants : *C. R. Ac. I. et B. L.*, ann. 1887, 1888 et 1891 ; *Bull. archéol. du Com. d. trav. hist. et scient.*, ann. 1888, 1890 et 1891 ; *Rev. archéol.*, 1887, t. X.

Pour la période musulmane de l'histoire du Maroc, on pourra recourir au magnifique travail de Fournel, *Les Berbers*, 2 vol., Paris, 1875-1881 ; il ne concerne que les débuts de cette période.

L'abbé Godard : *Description et histoire du Maroc*, 2 vol., Paris, 1860, est un ouvrage très honorable, vieilli, mais encore utile à consulter.

Beaucoup de renseignements utiles se trouvent aussi dans la compilation de Castellanos, *Descripcion de Marruecos*, nov. ed., Madrid, 1 vol., 1898.

L'invasion arabe a été brillamment étudiée par Carette, *Rech. sur l'orig. et les migr. des princ. tribus de l'Afr. Sept.*, 1 vol., Paris, 1853, dont l'ouvrage reste à étudier, même après Mercier.

La domination portugaise et espagnole a été l'objet d'une série de mémoires de Pellissier, *Mém. hist. et géog. sur l'Algérie*, 1 vol., Paris, 1844 ; mais on devra, pour connaître les sources de cette partie de l'histoire, recourir à la bibliographie de Playfair. A part cette exception, la lecture des ouvrages précités fera connaître les principales sources historiques.

Masqueray, dans ses divers ouvrages, a semé des vues fort intéressantes sur l'histoire des musulmans du Maroc ; voir, en particulier, son article dans le tome IV de l'*Histoire Générale* de Rambaud et Lavisse.

Les traités du Maroc avec l'Europe au Moyen-Age sont rapportés dans le splendide répertoire de Mas-Latrie, *Traités de Paix et de Commerce*, etc., 1 vol. et suppl., Paris, 1868 ; les traités subséquents sont rapportés dans Rouard de Card, *Les traités entre la France et le Maroc*, Paris, 1897, et dans Ct Levé et P. Fournel, *Les traités du Maroc avec l'Europe* (sous presse).

M. de Castries prépare en ce moment une *Histoire Générale du Maroc*.

[1] Quelques lecteurs s'attendaient peut-être à trouver ici l'exposé des derniers événements qui viennent de se dérouler au Maroc ; l'histoire de ces événements se lie intimement à celle des tentatives d'innovation que nous avons mentionnées et des menées anglaises à la Cour chérifienne ; tout cela est encore du domaine de la politique. Or, le programme du présent article est exclusivement scientifique et strictement limité à l'étude des indigènes marocains, exclusion faite de leurs rapports avec les Européens. Disons seulement que, si les innovations de Moûlaye Abdelazîz sont un fait nouveau dans l'histoire du Maroc, il n'en est pas de même de la tentative de Bou Hmâra, qui est tout ce qu'il y a de plus banal dans les annales marocaines et qui, il y a quatre ou cinq ans, eût passé en France presque inaperçue ; mais, depuis cette époque, les hommes politiques et les journalistes ont enfin découvert le Maroc et, tout émus de cette découverte, ils mettent maintenant autant d'exagération peu éclairée et dangereuse à interpréter les moindres événements qu'ils mettaient jadis de légère et coupable indifférence à les accueillir. (*Note ajoutée pendant l'impression.*)

LE GIGANTISME CHEZ L'HOMME

Le gigantisme, relégué, il n'y a pas encore très longtemps, dans le ténébreux domaine de la Tératologie, est entré, depuis quelques années, dans celui de la Médecine. Étudiés par des cliniciens et des anatomo-pathologistes, les Géants ont certainement perdu de leur ancien prestige. On y regardera désormais à deux fois avant de préconiser, comme on l'a fait jadis et même encore dernièrement, les mariages entre géants, sous prétexte de relever le niveau de l'espèce humaine. Ces sortes d'unions sont, d'ailleurs, presque toujours stériles, en tout cas, elles ne pourraient servir qu'à la perpétuation d'un état morbide à tous égards peu enviable. Car, aujourd'hui, le gigantisme apparaît vraiment comme une maladie.

Les travaux publiés en France par MM. Brissaud et Henry Meige sur le *Gigantisme* et sur l'*Infantilisme* ont particulièrement contribué à faire envisager le gigantisme comme un phénomène pathologique.

I

Qu'est-ce qu'un géant? — Un géant est un homme très grand... Définition puérile, sans doute. Et cependant, à partir de quel centimètre mérite-t-on le nom de géant? — Nul n'a pu le dire, nul ne le dira. Tel qualifiera de géants les sujets qui mesurent au moins 2 mètres de hauteur; tel autre pourra fixer la limite à 1m,90, un autre à 2m,10; mais, qui oserait décréter que toute personne dépassant la taille moyenne, évaluée communément à 1m,65, devra être considérée comme gigantesque?... Pareille définition serait vraiment trop arbitraire. Il est donc évident que l'évaluation centimétrique de la taille ne joue qu'un rôle secondaire dans la définition du gigantisme.

Qu'est-ce donc que le *gigantisme?* — Le gigantisme est un trouble par excès de la croissance de l' « individu », qui se traduit par une augmentation inusitée de ses dimensions en longueur, si on le compare aux individus du même âge et de la même race. On peut donc être géant à tout âge, même *ab ovo.* Il y a des fœtus gigantesques, des nouveau-nés monstrueusement grands et, presque toujours aussi, monstrueusement gros. A cette variété de gigantisme est réservé le nom de *macrosomie*; nous n'y insisterons pas. Nous voulons surtout envisager les géants connus de tout le monde, ceux dont la stature dépasse très notablement la taille de l'homme adulte.

Le trouble du développement qui se traduit par le gigantisme peut être *passager*. Exemple : un enfant est resté de taille moyenne jusqu'à sa douzième année; soudain, en deux ou trois ans, il se met à grandir, de façon qu'à seize ans il dépasse de la tête les sujets de son âge. A ce moment, c'est un adolescent géant. Mais sa croissance s'arrête, et, parvenu à l'âge d'homme, il n'est pas notablement supérieur à la moyenne. Voilà un exemple de *gigantisme provisoire*.

La croissance excessive, au lieu de s'arrêter à



Fig. 1. — *Radiographie de la main d'un enfant de six ans, montrant les cartilages juxta-épiphysaires, organes ostéogéniques situés entre les diaphyses et les épiphyses des os.*

la quinzième année, peut se continuer jusqu'à la vingtième. Une fois adulte, le sujet aura atteint une taille très supérieure à la moyenne. Si, à cette époque, il cesse de grandir, il représente un spécimen de *gigantisme définitif*.

Supposons maintenant que la croissance exagérée en longueur, au lieu de s'arrêter, comme il est de règle, vers le temps de la majorité, se prolonge au delà; nous aurons affaire à une véritable *maladie progressive de la croissance :* c'est le *gigantisme progressif*.

Il y a donc plusieurs façons d'être géant.

Mais, comment s'opère la croissance en longueur? — Par l'allongement des différentes pièces du squelette, et plus spécialement par un travail ostéogénique qui a lieu au niveau de *cartilages juxta-épiphysaires*, reliant entre elles les diaphyses et les épiphyses des os longs. Chez l'enfant et l'adolescent

on peut aujourd'hui, grâce à la radiographie, constater sur le vivant l'existence de ces organes ostéogéniques (fig. 1).

Ces cartilages ostéogéniques disparaissent à l'âge adulte; à ce moment, les épiphyses se soudent définitivement aux diaphyses, et, la production osseuse ne pouvant plus se faire, le squelette cesse de s'accroître en longueur; le sujet a réalisé sa taille définitive. Il ne peut plus la dépasser.

Telle est la marche normale de la croissance. Revenons à ses anomalies.

Sous l'influence d'on ne sait quelle stimulation, le processus ostéogénique du cartilage juxta-épiphysaire peut être activé: la croissance en longueur s'exagère. Si la cause excitatrice est passagère, l'excès de croissance est aussi passager. C'est ainsi qu'à l'occasion d'une maladie infectieuse, on peut voir survenir chez un adolescent de brusques poussées de croissance, l'agent infectieux ou ses toxines exerçant une action stimulante sur les surfaces ostéogéniques ou sur les centres trophiques dont dépend leur activité. Les poussées de ce genre sont bien connues dans la fièvre typhoïde. La convalescence de cette maladie est souvent marquée par une crise de croissance, du moins chez les adolescents dont les épiphyses ne sont pas encore soudées.

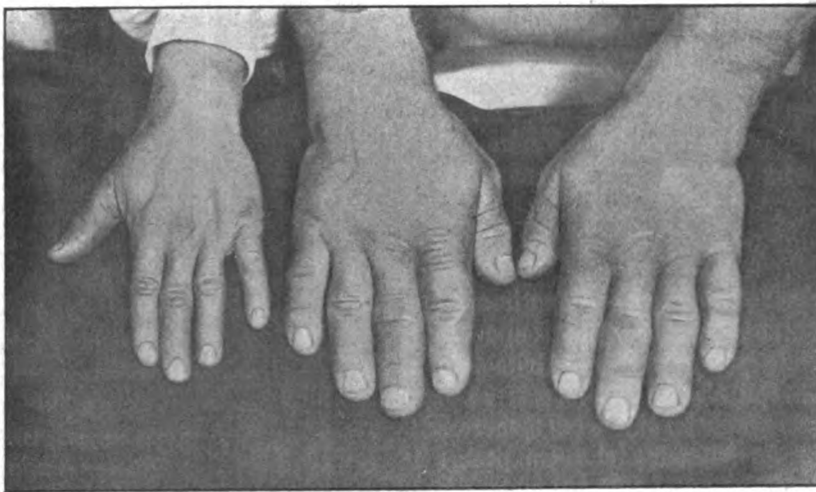


Fig. 2. — *Mains d'une femme acromégalique, comparées à une main de femme normale.*

Mais qu'adviendra-t-il si une stimulation de la fonction ostéogénique survient chez un sujet dont les épiphyses sont déjà soudées? — Le squelette ne peut plus croître en *longueur*, puisqu'il n'y a plus de cartilages juxta-épiphysaires... — Oui, cela est évident; mais, par une sorte de compensation, il est encore capable de s'accroître en *épaisseur*.

Comment cela se fait-il?

La fonction ostéogénique est assurée par d'autres organes : le périoste qui entoure les articulations, et même le périoste de la continuité de l'os, membranes fibreuses qui persistent la vie entière, et qui sont capables de produire du tissu osseux. Alors l'accroissement se manifeste, non plus en longueur, mais en *épaisseur*.

Ce mode de croissance intempestive est surtout évident là où les saillies osseuses sont le plus nombreuses, c'est-à-dire aux extrémités des membres, aux mains, aux pieds, et aussi à la face. Les déformations qui en résultent caractérisent précisément l'affection appelée *acromégalie*.

C'est sous ce nom d'*acromégalie* que M. Pierre Marie, dans un travail de la plus haute importance, a fait connaître, dès 1886, un syndrome demeuré jusqu'alors inaperçu. On s'étonne même aujourd'hui qu'il n'ait jamais été décrit jusqu'alors, tant le diagnostic en est facile : un simple coup d'œil suffit.

Une face énorme, une mâchoire inférieure proéminente, les pommettes et les arcades sourcilières très saillantes un gros nez, une grosse langue, une peau épaisse, souvent sillonnée de rides profondes : voilà pour le visage. Ajoutez-y des mains disproportionnées (fig. 2), de vrais « battoirs », avec des « doigts en boudins », aux bouts carrés, aux ongles striés, et des pieds à l'avenant; souvent enfin une double bosse. Tel est le portrait de l'*acromégalique* (fig. 3).

A ces symptômes si aisés à reconnaître s'ajoutent certains caractères pathologiques : maux de tête, troubles de la vue, douleurs dans les membres, sueurs abondantes, soif et faim exagérées (indices d'un diabète qui, parfois, se trouve confirmé par la présence de sucre dans les urines).

Voilà les signes essentiels de la maladie qu'on appelle aujourd'hui, dans tous les pays, *Maladie de Pierre Marie*.

Et la cause? — L'opinion la plus répandue, celle de M. P. Marie lui-même, incrimine une lésion de la glande pituitaire, petit appendice piriforme, situé à la face inférieure de l'encéphale et logé dans une excavation de la base du crâne, la selle turcique.

En effet, chez un grand nombre d'acromégaliques

dont l'autopsie a été pratiquée, on a trouvé une tumeur de cette glande. La constance de cette lésion n'est cependant pas absolue, et quelques auteurs ont émis l'hypothèse que l'acromégalie pouvait être provoquée par des altérations d'autres glandes analogues, quoique très éloignées de celle-là, le corps thyroïde, ou même le thymus.

De tout cela, retenons seulement qu'il existe une affection caractérisée par l'accroissement inusité en épaisseur des os du squelette, localisée principalement aux *extrémités* (ἄκρος, extrémité), et que cette affection coïncide souvent avec une tumeur de la glande pituitaire.

Et revenons au gigantisme. Tout va s'expliquer.

Lorsqu'on étudie avec soin des sujets de très haute stature, on ne peut pas ne pas remarquer les analogies que la plupart d'entre eux présentent avec les acromégaliques.

Si l'on ne considérait que la hauteur, les acromégaliques ne seraient pas tous comparables aux géants : beaucoup ont une taille ordinaire. Cependant, il résulte de statistiques très consciencieuses, faites ces dernières années, en particulier par Sternberg, qu'une moitié environ des cas d'acromégalie ont été observés chez des sujets de très grande taille.

De plus, avec MM. Brissaud et H. Meige, on peut faire les constatations suivantes :

1° L'acromégalie ne précède jamais le gigantisme;

2° L'acromégalie succède souvent au gigantisme;

3° Lorsque l'acromégalie est associée au gigantisme, celui-ci est toujours antérieur en date à celle-là.

Autres remarques, mises en lumière dans une récente étude de M. H. Meige : *Sur le gigantisme.*

Dans un certain nombre de cas, les déformations de l'acromégalie sont survenues chez des sujets dont les ascendants ou les collatéraux étaient de taille gigantesque. On a même signalé plusieurs exemples d'acromégalie héréditaire comme nombre d'exemples de gigantisme.

D'autre part, l'acromégalie succède quelquefois à une maladie fébrile, ce qui la rapproche des poussées de croissance observées de tout temps dans la convalescence des fièvres.

Enfin, l'apparition des premiers symptômes de la maladie de Pierre Marie est souvent précédée d'un accroissement très rapide, et parfois gigantesque, de la taille.

Et, à ce propos, citons cette constatation de MM. Brissaud et Henry Meige : « Ne voit-on pas, chez la plupart des *adolescents*, à l'époque de la mue, se réaliser de la façon la plus naturelle une véritable *acromégalie transitoire?* Qui n'a été frappé du développement, si choquant au point de vue esthétique, des extrémités de ces éphèbes aux grands pieds, aux larges mains, au nez volumineux, à la voix indécise, parfois grave à l'excès. C'est l'*acromégalie passagère de l'âge ingrat.* Le fait est si notoirement connu qu'il en est devenu proverbial. Cette acromégalie physiologique, lorsqu'elle atteint un certain degré, permet de présager un développement de la taille qui dépassera la moyenne. »

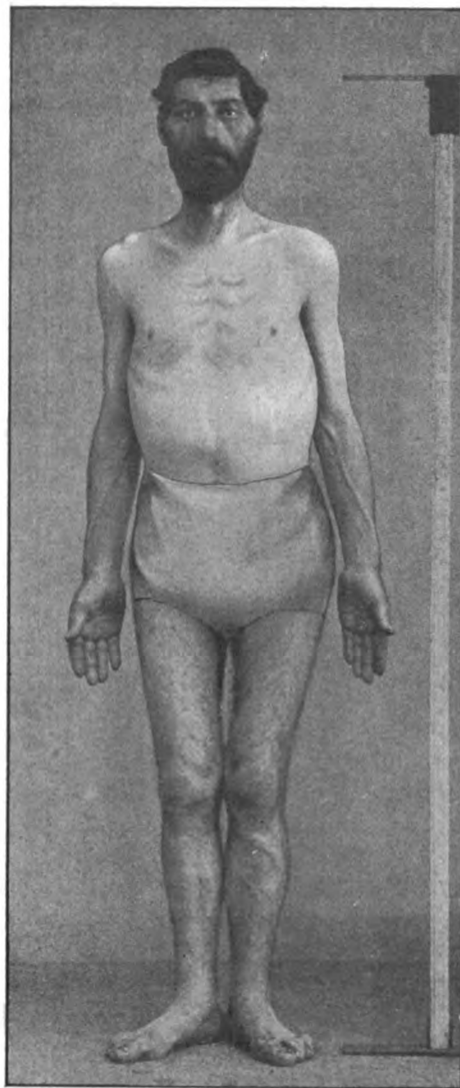


Fig. 3. — *Géant de 2m,12 du type acromégalique.* (Observation de MM. Achard et Lœper.)

Si l'on passe également en revue les symptômes accessoires du gigantisme et de l'acromégalie, on s'aperçoit encore que la plupart sont communs aux deux états : faiblesse générale, diminution et même disparition de l'activité sexuelle, torpeur psychique, troubles circulatoires et sécrétoires, etc.

Finalement, les autopsies de géants, pratiquées depuis quelques années, ont révélé très souvent

l'existence de tumeurs de la glande pituitaire, en tous points comparables à celles qu'on suppose caractéristiques de l'acromégalie.

Devant cet ensemble de faits, MM. Brissaud et Meige n'ont pas hésité à dire :

« Le gigantisme et l'acromégalie sont une seule et

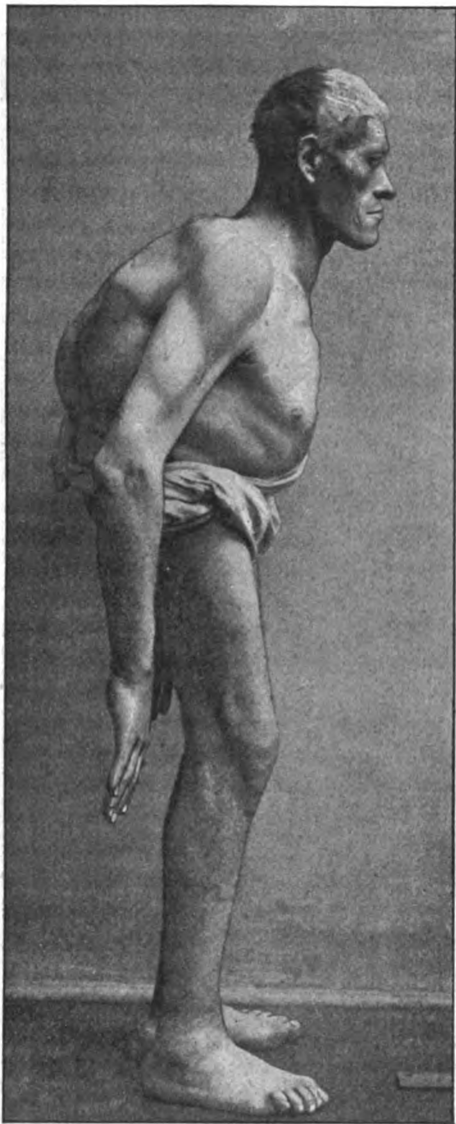


Fig. 4. — *Jean-Pierre Mazas, de Montastruc, géant acromégalique.* (Observation de MM. Brissaud et Meige.)

même maladie; ou, du moins, s'il s'agit de deux maladies nosographiquement différentes, la même cause semble provoquer l'une et l'autre et en diriger l'évolution.

« Dans celle-ci, comme dans celle-là, l'hypertrophie du squelette se produit dans un laps de temps déterminé, puis le processus ostéogénique s'arrête.

« Si cette période de temps, pendant laquelle exubérance de l'ossature s'accomplit, appartient à l'adolescence et à la jeunesse, le résultat est le *gigantisme*, et non l'acromégalie.

« Si elle appartient à l'âge adulte, c'est-à-dire à *une époque de la vie où la stature est depuis longtemps un fait acquis, le résultat est l'acromégalie*.

« Si, enfin, après avoir appartenu au temps de la jeunesse pendant laquelle la taille continue de s'accroître, elle empiète sur le temps où l'on est homme fait, en d'autres termes sur la phase de l'existence qui ne comporte plus de développement ostéogénique, le résultat est la *combinaison de l'acromégalie et du gigantisme.* »

II

Telle est la conception du gigantisme et des liens de parenté qui unissent ce dernier à l'acromégalie. Elle a été remarquablement mise en lumière par MM. Brissaud et Henry Meige, dans une étude parue il y a une dizaine d'années environ. Là fut racontée l'histoire, depuis lors très fameuse, d'un géant de fêtes foraines, Jean-Pierre Mazas, le *Géant de Montastruc*.

Ce Jean-Pierre Mazas, jusqu'à l'âge de treize ans, avait été de taille ordinaire; puis, subitement, il s'était mis à grandir, à grandir..., si bien qu'à l'âge de vingt et un ans, il mesurait 2m,12. L'allongement avait porté sur toutes les pièces du squelette; les proportions relatives avaient été respectées, et Jean-Pierre était un grand bel homme, d'une force rare, à qui sa carrière était toute tracée : il se fit lutteur.

Or, passé sa majorité, il grandit encore. Certainement ses cartilages d'ossification continuaient par delà le terme normal à produire du tissu osseux. Il atteignit 2m,20.

Aux approches de la trentaine, sa croissance *en hauteur* s'arrêta; en langage médical, cela signifie que la soudure des épiphyses s'était effectuée enfin. Elle avait retardé de dix ans! Mais alors, la conformation irréprochable du grand bel homme subit de fâcheuses atteintes : des difformités apparurent aux extrémités osseuses (fig. 4 et 5). Et quelles difformités! — Mains en battoirs, doigts en boudins, pieds énormes et carrés, prognathisme très accentué, saillies des sutures craniennes, des os malaires et des arcades sourcilières, enfin épaississement des malléoles, des poignets et des genoux. En même temps, la voix devenait de plus en plus grave, la peau de plus en plus épaisse. Jean-Pierre se plaignait de maux de tête, de troubles visuels, d'une profonde torpeur des facultés psychiques et autres.

Enfin, une double bosse, courbant peu à peu l'épine dorsale, réduisait la taille de l'athlète,

presque aux dimensions d'un homme vulgaire. Aucun doute : le *géant de Montastruc* était devenu *acromégalique* !

De pareils faits ne sont pas rares : Pierre Marie, Woods Hutchinson, Dana, Byrom-Bramwell en avaient rapporté des exemples. On peut même, selon M. H. Meige, en retrouver d'autres dans les anciennes chroniques.

L'empereur romain Antonin le Pieux était, au dire de ses biographes, d'une très haute stature, mais en vieillissant, comme Jean-Pierre Mazas, il se voûta : « Aussi avait-il eu l'idée de se garnir la poitrine d'une sorte de corset en tablettes de tilleul, afin de pouvoir se tenir debout en marchant. »

D'autres géants encore, dont l'histoire a conservé les noms, ont été également atteints de la maladie de Pierre Marie. Sternberg a étudié le portrait d'un géant de la cour du comte palatin Frédéric II, peint en 1553, sur lequel les déformations acromégaliques ne sont pas douteuses. Plusieurs géants, célèbres en Angleterre au commencement du XVIIe siècle, devinrent aussi des acromégaliques. L'un d'eux, Macgrath, est un exemple absolument authentique, ainsi qu'a pu le démontrer Cunningham par l'étude de son squelette conservé à Dublin.

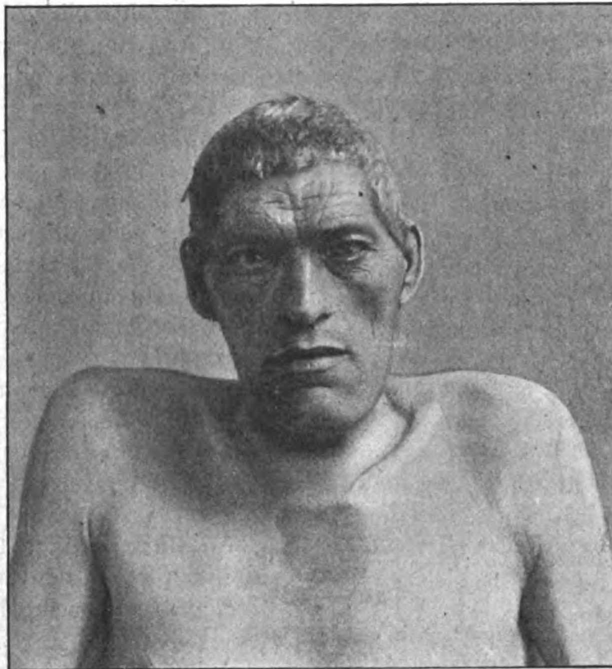


Fig. 5. — *Tête et buste du même.*

Sans avoir besoin d'emprunter au passé, la vérité s'établit par le nombre des observations de géants qui ont présenté ultérieurement des stigmates d'acromégalie (fig. 6).

Nous ne rappellerons que l'un des plus récents :

MM. Achard et Lœper ont présenté à la Société de Neurologie de Paris, le 3 mai 1900, un sujet mesurant 2m12 et atteint de diabète. M. Pierre Marie lui-même, qui cependant établit des distinctions entre le gigantisme et l'acromégalie, disait de cet homme : « Il n'est pas contestable qu'il présente plusieurs stigmates d'acromégalie : la saillie des pommettes, l'hypertrophie de la langue, la gravité de la voix, et enfin le diabète, qui n'est pas rare chez les acromégaliques ». Pour M. Brissaud, le diagnostic d'acromégalie était évident (fig. 3).

Le malade de MM. Achard et Lœper étant venu mourir récemment à l'hôpital Tenon, l'autopsie, faite par MM. Launois et Roy, démontra l'exactitude du diagnostic. Rien n'y manquait, jusques et y compris l'existence de la tumeur de la pituitaire.

La coïncidence du gigantisme et de l'acromégalie apparaissait donc une fois de plus dans toute son évidence ; mais, si la coïncidence avait frappé depuis longtemps les observateurs au point d'engager quelques-uns à assimiler le gigantisme à l'acromégalie ou inversement, un fait important était resté obscur jusqu'aux travaux de MM. Brissaud et H. Meige.

Le gigantisme est une chose, l'acromégalie en est une autre ; ce sont deux états parfaitement distincts chez un grand nombre de sujets. Rien n'est plus vrai. Or, ce qu'il importait d'établir, c'était la fusion de l'un dans l'autre ; ce qu'il fallait démontrer, c'était la constance de cette loi, si clairement énoncée par MM. Brissaud et H. Meige, que les géants *peuvent* devenir acromégaliques, mais que les acromégaliques *ne peuvent pas* devenir géants. En d'autres termes, l'acromégalie est un cas particulier du processus ostéogénique qui aurait pu faire le gigantisme, mais le gigantisme n'est pas et ne peut pas être un cas particulier de l'acromégalie, attendu que la condition essentielle de l'acromégalie, dans cette perversion singulière du développement squelettique, est en fonction de l'âge.

L'âge ne commande pas la taille d'une façon absolue ; mais c'est en vertu de son âge que tout individu cesse de s'accroître. Impossible de revenir en arrière : si l'acromégalique perd de sa hauteur, c'est parce qu'il se tasse en s'incurvant ; mais son squelette redressé reprendrait la hauteur totale de toutes ses pièces mises bout à bout. Une fois acromégalique, c'est-à-dire parvenu à cet âge où les extrémités épiphysaires des os sont définitivement soudées à la diaphyse, il ne peut plus, géant ou non géant, reprendre un nouvel essor de croissance. On ne revit pas l'âge du développement.

Telles sont les *lois* par lesquelles MM. Brissaud et Meige ont, en quelque sorte, sanctionné tant de faits publiés depuis longtemps et dont l'explication s'était fait attendre jusqu'à eux. Et, on le voit, c'est la connaissance de la maladie dePierre Marie qui a permis de préciser cette conception du gigantisme.

Ainsi donc, lorsque le processus anormal, quel qu'il soit, qui provoque un excès de la croissance, se manifeste chez un sujet qui grandit encore, il porte sur toutes les extrémités épiphysaires non encore soudées, sur les points mêmes où s'effectue régulièrement la croissance des os. Chacune des épiphyses subit l'influence de cette fonction trophique exagérée. Le résultat est une excessive augmentation en longueur du squelette : l'adolescent devient gigantesque.



Fig. 6. — *Tchang, Chinois de vingt-trois ans, géant acromégalique.* (Observation de M. Matignon.)

Si, au contraire, le trouble de la fonction du développement survient chez un sujet dont les cartilages juxta-épiphysaires sont déjà ossifiés, la stature ne peut guère se modifier. Mais ce travail de formation osseuse, qui reparaît anormalement sur le tard, siège encore aux extrémités des os, et il est plus prononcé là où il existe le plus d'extrémités osseuses, en particulier aux pieds et aux mains. Là, l'augmentation ne se fait plus en longueur, elle se fait en largeur et en épaisseur. On voit alors survenir l'élargissement des plateaux du tibia, des condyles du fémur, des malléoles, des apophyses du poignet, des clavicules, etc., et surtout l'hypertrophie des mains, des pieds, de la face.

En un mot, l'affection se traduit par une *hypertrophie massive des os des extrémités et des extrémités des os.* C'est précisément la formule si ingénieuse appliquée par M. P. Marie à l'acromégalie.

L'acromégalie, quelle qu'en soit la cause, lorsqu'elle survient chez un sujet adulte, par exemple chez un homme de trente-cinq ans, qui, depuis quinze ans, a cessé de grandir, n'est qu'une reprise de la croissance. Chez le même individu, ce même travail pathologique, débutant dans l'adolescence, donnera lieu au gigantisme et, se continuant plus tard, produira l'acromégalie. On s'explique alors qu'il soit fréquent de voir des géants, parvenus à l'âge adulte, devenir acromégaliques.

Il importe de remarquer que la période dite de croissance ne saurait être mathématiquement définie. Elle varie suivant les individus. Au même âge, certains continuent à grandir, alors que d'autres ont déjà atteint leur taille définitive.

On peut donc, conclut M. Brissaud, s'arrêter à la formule suivante :

« Le gigantisme est l'acromégalie de la période de *croissance* proprement dite ;

« L'acromégalie est le gigantisme de la période de *croissance achevée*;

« L'*acromégalo-gigantisme* (si l'on peut employer un tel néologisme) est le résultat d'un processus commun au gigantisme et à l'acromégalie, empiétant de l'adolescence sur la maturité ».

III

Mais la question ne s'arrête pas là.

Le trouble profond de la fonction de croissance, qui se traduit chez les uns par une augmentation plus ou moins considérable de la taille, chez les autres par une diminution, ne se limite pas au système osseux. Un pareil désordre ne peut résulter que d'une déviation dès longtemps imprimée à l'ensemble des parties de l'individu, auxquelles la Nature a fixé d'avance une évolution donnée dans un temps donné.

Jean-Pierre, de Montastruc, n'avait cessé de grandir jusqu'à 30 ans ; il n'est que logique d'en inférer que son adolescence s'est prolongée jusqu'à la 30me année, qu'elle a eu une durée double de l'adolescence normale ou moyenne. Nous venons de dire qu'on n'a pas l'âge de sa taille, mais l'âge de ses années. Eh bien! Ce Jean-Pierre avait gardé presque jusqu'à trente ans certains des caractères, non pas seulement de l'adolescence, mais de l'enfance même.

Chez d'autres géants, la somme de ces attributs qu'on désigne en médecine sous le nom d'*infantilisme* a été encore beaucoup plus caractérisée qu'elle ne l'était chez le géant de Montastruc. Il en est qui restent impubères, et dont le sens génital ne s'éveille pas. Ces géants sont infantiles et ces infantiles sont géants.

Il semble qu'il soit impossible de concevoir rien de plus paradoxal; au contraire, rien n'est plus logique.

Le squelette continue de s'accroître, tant que les segments primitivement séparés d'un même os ne se soudent pas les uns aux autres. Or, tant qu'il en est ainsi, la période de l'adolescence se poursuit, et l'on pourrait dire que le développement est arrêté, — puisque l'adolescence persiste, — alors que le sujet grandit encore. C'est d'ailleurs ce que disait, il y a plus de 20 ans, un jeune médecin d'une taille exceptionnelle, qui ne prévoyait rien encore des travaux qu'allaient susciter l'acromégalie et le gigantisme : « Si je suis si grand, c'est par suite d'un arrêt de développement... ». On entrevoit ainsi les relations étroites qui peuvent parfois exister entre le *gigantisme* et l'*infantilisme*, et l'on n'est plus choqué du rapprochement de ces deux mots.

La coexistence de l'infantilisme avec le gigantisme n'est d'ailleurs pas exceptionnelle. M. Capitan en 1893, M. Henry Meige en 1895, avaient déjà attiré l'attention sur ce fait, à propos d'un géant bien connu dans tous les hôpitaux parisiens, et qui fut tout dernièrement encore examiné par MM. Launois et P. Roy (fig. 7). Cet homme mesure actuellement 2 mètres 04. Il est âgé de 30 ans et, cependant, il n'a pas encore terminé sa croissance. La radiographie a fait voir que ses cartilages épiphysaires n'avaient pas encore complètement disparu. Cependant, ils tendent à s'ossifier, et en même temps les extrémités osseuses augmentent de volume, prélude de l'acromégalie menaçante. D'ailleurs, une radiographie du crâne a montré un élargissement considérable de la selle turcique où se loge la glande pituitaire.

Mais, si l'infantilisme, comme le veut son nom même, implique un retard dans l'évolution sexuelle, ne serait-il pas à supposer que ledit retard est la véritable cause de certain gigantisme ?... Ce ne seraient plus la glande pituitaire, ni le corps thyroïde, ni le thymus, qu'il faudrait mettre en cause: ce seraient les glandes sexuelles. D'antiques observations, — on pourrait même dire de séculaires

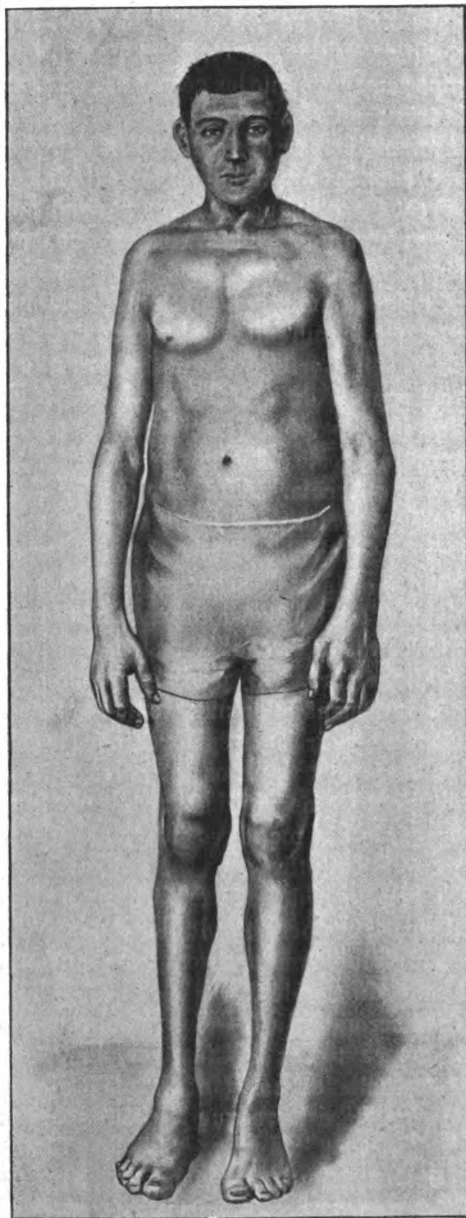


Fig. 7. — *Géant de 2m,04 du type infantile.* (Observation de M. Capitan.)

expérimentations, — donnent quelque créance à cette hypothèse.

M. H. Meige les a rappelées dans un travail, paru en 1896, sur « Les rapports réciproques de l'appareil sexuel et de l'appareil squelettique ».

« Des faits assez nombreux, dit-il, tendent à prouver qu'il existe des relations intimes entre

l'état de l'appareil sexuel et le développement du squelette.

« Chez les sujets qui, congénitalement ou accidentellement, ont subi un arrêt de développement des organes génitaux, il n'est pas rare d'observer des irrégularités de la croissance des os.

« Il est notoire que les eunuques sont le plus souvent de grande taille et, d'autre part, on a de tout temps remarqué que les géants ont une activité sexuelle très modérée.

« Les anomalies par excès de croissance s'observent aussi chez les animaux qui ont subi la castration et il est à remarquer qu'elles portent surtout sur les membres postérieurs. On sait que les chapons sont généralement pourvus de longues pattes. Le bœuf a les membres postérieurs notablement plus longs que le taureau, son train de derrière est plus relevé. M. Lortet a étudié le squelette d'un eunuque égyptien de 1m,96, chez lequel le développement des membres inférieurs était excessif par rapport au reste du corps. »

Ce sont ces derniers faits que M. H. Meige a proposé d'interpréter de la façon suivante :

« La suppression des glandes génitales entraîne l'atrophie des cellules des centres médullaires correspondantes. Or, ceux-ci occupent dans la moelle un étage très voisin de ceux qui correspondent aux membres inférieurs. On peut supposer que ces derniers bénéficient outre mesure de l'espace et de l'irrigation vasculaire laissés libres par les cellules génitales devenues inutiles et atrophiées. La suractivité fonctionnelle qui se traduit par la croissance exagérée des membres inférieurs plaide en faveur de cette hypothèse. »

Quoi qu'il en soit de cette explication, l'observation et l'expérience permettent bien d'entrevoir une relation entre le développement des glandes génitales et celui du squelette.

Et dans l'acromégalie? — Ces remarques se confirment encore : chez les femmes, l'arrêt de la fonction sexuelle est constante. Chez les hommes, l'activité génitale est presque toujours très amoindrie.

Des faits expérimentaux viendront, sans doute, éclairer la question des rapports du développement sexuel et de la croissance. Mais il est permis, d'ores et déjà, de grouper, avec M. H. Meige, les géants suivant deux types principaux :

Dans le *type infantile*, malgré l'élévation inusitée de sa taille, le sujet conserve les apparences extérieures de l'enfance : appareil génital incomplètement développé, absence de poils sur le visage et sur le corps, un pannicule adipeux assez épais, une voix grêle, la figure d'un enfant vieillot.

Chez les géants de ce genre, les soudures épiphysaires sont exagérément tardives, et, tant qu'elles ne se sont pas effectuées, le sujet est encore capable de croître en hauteur. Mais un jour vient ou l'ossification des cartilages de conjugaison s'achève; alors, le trouble par excès de la fonction ostéogénique, s'il vient à persister, se traduit par l'apparition de déformations acromégaliques. Le géant appartiendra alors au second type, le plus fréquent, le *type acromégalique*.

Il va sans dire qu'entre ces deux types, on trouve, dans la Nature, tous les intermédiaires. Et l'on conçoit bien qu'il en soit ainsi si l'on se rappelle les variations du processus de croissance.

En résumé, un trouble général domine le processus soit du gigantisme, soit de l'acromégalie, isolés ou combinés. Le « trouble » n'est, en somme, qu'une exagération de l'ostéogénie de croissance. Suivant l'*âge* auquel il survient, en d'autres termes suivant la précocité ou le retard des soudures épiphysaires, il se produit : tantôt le gigantisme, tantôt l'acromégalie.

Quant à la cause première de cette perturbation par excès de la fonction ostéogénique, on ne saurait quant à présent la préciser de façon certaine. La glande pituitaire tient peut-être une place importante dans cette pathogénie ; malheureusement, nos connaissances actuelles sur la physiologie de cet organe ne permettent guère d'entrevoir les conséquences de ses altérations.

D'autre part, le rôle non douteux que joue le corps thyroïde dans le développement général permet de supposer que les altérations de cette glande ne sont pas étrangères à la production des anomalies de la croissance osseuse. Ne sait-on pas aujourd'hui qu'une insuffisance de la fonction ostéogénique est intimement liée à des altérations ou à l'atrophie du corps thyroïde? N'est-on pas arrivé à obtenir des reprises de croissance véritablement merveilleuses par l'administration de corps thyroïde chez des sujets atteints, comme dit M. Hertoghe (d'Anvers), d'*hypothyroïdie*? Enfin n'existe-t-il pas également des relations très étroites entre l'arrêt de l'évolution de l'appareil sexuel et l'état d'infériorité de la fonction thyroïdienne? Ici encore, les importants travaux de M. Brissaud et de M. Henry Meige sur l'*infantilisme* ont fait entrevoir ce que promet ce nouveau chapitre de la Pathologie.

Dr E. Feindel.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Sellenthin (Dr Bernhard). — **Mathematischer Leitfaden mit besonderer Berücksichtigung der Navigation.** — 1 *vol. in-8° de 450 pages.* (*Prix* : 12 *fr.* 50.) *B. G. Teubner, éditeur. Leipzig et Berlin*, 1902.

Ce livre, écrit sur la demande de l'inspection des Ecoles de la Marine allemande, est, comme le titre l'indique, un guide pour l'étude des Mathématiques élémentaires, en tant qu'elles sont nécessaires au marin, illustré de nombreux exemples empruntés aux divers problèmes de la navigation. En voici le sommaire :

A. *Arithmétique* : Nombres entiers absolus et algébriques, fractions ordinaires et décimales, équations du premier degré à 1 et 2 inconnues, équations du deuxième degré, proportions, puissances entières et fractionnaires, racines carrées, logarithmes;

B. *Géométrie plane* : Ligne droite, triangle, quadrilatère, cercle, similitude, lieux géométriques, polygones réguliers, cyclométrie;

C. *Trigonométrie rectiligne* : Formules goniométriques, résolution des triangles;

D. *Stéréométrie* (Géométrie dans l'espace) : Ligne droite et plan, angles solides, polyèdres, cylindre, cône, sphère;

E. *Trigonométrie sphérique* : Application aux sphères terrestre et céleste.

Les méthodes diffèrent sensiblement de celles de nos livres d'enseignement. Les démonstrations de l'Arithmétique se basent sur la représentation des nombres par des segments de droites dirigés; celles de l'Algèbre se font au moyen de nombres : le chapitre A est une combinaison de l'Algèbre avec l'Arithmétique.

La notion de continuité est supposée, mais non définie, et les infiniment petits sont introduits sans explication et sans une théorie des limites. C'est assurément simple et intuitif, mais on peut se demander si les élèves auxquels on s'adresse comprennent bien. Il faut dire, cependant, que ces notions n'interviennent pas dans les démonstrations relatives aux incommensurables, pour lesquelles l'auteur, à l'exemple d'Euclide, emploie la réduction à l'absurde. Dans certains cas, la démonstration est empirique, par exemple pour l'évaluation du chemin parcouru en longitude, au moyen de la route loxodromique et de la latitude moyenne.

Mais la grande originalité de ce Traité est dans l'abondance et l'extrême variété des applications, toutes empruntées à la navigation. Ces exemples commencent dès le début, et l'on peut admettre qu'arrivé à la fin du cours, l'élève a déjà envisagé tous les problèmes relatifs à la position du navire, aux cartes marines, à la rectification des instruments, à l'usage des chronomètres, etc.

Il est clair que son intérêt est constamment tenu en éveil, et que ces exemples concrets facilitent grandement l'intelligence des théories.

L'ouvrage se réfère systématiquement à un manuel de navigation (Ligowski), auquel il sert d'introduction et qui paraît réglementaire dans la Marine allemande. N'ayant pas ce livre sous les yeux, il nous est difficile de juger si l'introduction est complète. Signalons pourtant une omission importante, à notre point de vue : c'est l'absence de toute indication sur les lieux géométriques du navire. Cette théorie si simple et si fructueuse, qui, chez nous, est à la base de l'enseignement, rentrait dans l'esprit et dans le titre du livre; on a peine à comprendre que l'auteur se soit arrêté à la droite de Sumner, au lieu de déduire les propriétés des cercles de hauteur.

Nous notons également qu'il n'est pas question de la Géométrie descriptive, dont les éléments seraient très utiles pour la résolution graphique de l'angle trièdre : en la négligeant, on se prive d'un moyen de vérification, lequel, dans bien des cas, peut dispenser du calcul, par exemple pour la détermination de l'azimut.

Mais il est probable que ces remarques s'adressent moins à l'auteur qu'aux programmes. E. CASPARI,
Ingénieur hydrographe
en chef de Réserve.

2° Sciences physiques

Sissingh (R.). — **Propriétés générales des Images formées par des rayons centraux traversant une série de surfaces sphériques centrées.** — *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam* (*Eerte Sectie*). *Deel VII*, *n° 5. Johannes Müller, éditeur. Amsterdam*, 1902.

L'auteur reprend l'étude des images fournies par les rayons centraux dans les systèmes centrés, en suivant la méthode de Lagrange, généralisée par Bosscha. Il se propose d'étudier ainsi les propriétés physiques, aussi bien que géométriques, des images, et cherche à exposer cette méthode sous une forme relativement simple et susceptible de se prêter à tous les problèmes pratiques.

Les deux éléments qui définissent un rayon incident sont la divergence D_0 (angle de ce rayon avec l'axe) et l'amplitude A_0 (distance à l'axe du point où le rayon rencontre la première surface réfringente). Après un nombre quelconque de réfractions, D_n et A_n demeurent des fonctions linéaires et homogènes de D_0 et A_0, les quatre constantes de ces deux relations ayant une signification physique simple. On peut, en outre, calculer les valeurs des mêmes constantes pour l'ensemble de deux systèmes centrés placés à une distance quelconque, de sorte qu'on en déduit directement les propriétés de l'ensemble d'une lunette.

Cette méthode offre l'avantage pratique de rapporter les distances aux faces extrêmes elles-mêmes, au lieu de les compter à partir des plans principaux, la détermination expérimentale de ces plans ne pouvant jamais être très pratique, ainsi que l'a montré M. Bouty. Les seuls éléments qui interviennent, en outre des distances focales, sont les distances des deux points oculaires, c'est-à-dire des points conjugués des sommets des surfaces réfringentes extrêmes. Ces points, toujours accessibles à l'observation, sont également ceux que M. Cornu avait adoptés de préférence pour la détermination des éléments principaux d'un système optique.

Dans l'étude des propriétés physiques des images, on remarque notamment la discussion relative à la profondeur de champ et à l'accroissement apporté à cet élément par la faculté d'accommodation, puis l'étude des conditions nécessaires pour que, dans les mesures micrométriques, le facteur de réduction qui permet de passer aux valeurs absolues ait une valeur réellement fixe et susceptible d'une évaluation directe. La question de la distance à laquelle on doit se placer d'une image afin d'obtenir l'impression exacte de perspective se trouve également élucidée.

Enfin, l'auteur applique sa méthode au système de l'œil et fournit ainsi un grand nombre de déterminations intéressantes. De la valeur de l'acuité visuelle, il

déduit la distance maxima à laquelle la faculté d'accommodation commence à intervenir. Une vue normale n'a nullement besoin d'accommoder pour toute distance supérieure à 23m,4. Les conditions générales d'achromatisme d'un oculaire, et aussi de l'œil, sont présentées très simplement.

Le travail de M. Sissingh se recommande, en outre, par une bibliographie très bien informée et précieuse en plus d'un point.

EDGARD HAUDIÉ,
Professeur à l'École Navale.

Borchers (W.). — **Elektrometallurgie** (*Die Gewinnung der Metalle unter Vermittlung des elektrischen Stromes*). — *3e édition, 1re livraison. Grand in-8° de 283 pages.* (*Prix* : 11 *fr.* 25.) *S. Hirzel, éditeur. Leipzig*, 1902.

Les progrès de l'électrométallurgie sont tellement rapides que l'ouvrage bien connu de M. Borchers, dont la 2e édition avait paru en 1896, vient de nouveau d'être remanié par l'auteur. Cette troisième édition, dont nous avons la première livraison sous les yeux, est conçue sur le même plan que la précédente ; elle contient, en outre, tous les faits nouveaux venus entre temps à la connaissance des hommes du métier, Mais, ainsi que le fait remarquer M. Borchers dans sa Préface, les industries électrométallurgiques travaillent en général dans le plus grand silence, et l'on ignore les détails de mise en œuvre de la plupart des procédés importants. Le Traité de M. Borchers est donc, avant tout, un répertoire des documents bibliographiques publiés : brevets, articles scientifiques, communications industrielles, etc.; ce répertoire est complété par l'exposé de résultats de laboratoire donnant souvent des indications précieuses sur les méthodes de la technique industrielle. Il ne peut donc prétendre à être absolument complet.

La première livraison est consacrée principalement à l'étude du magnésium, du lithium, du sodium, du potassium, de l'aluminium, du cuivre et du nickel. Les chapitres les plus documentés concernent le sodium, l'aluminium, le cuivre et le nickel.

Nous reviendrons sur cet ouvrage lorsqu'il aura entièrement paru.

PHILIPPE-A. GUYE,
Professeur de Chimie
à l'Université de Genève.

Capelle (Edouard). — **L'Eclairage et le Chauffage par l'Acétylène.** — *1 vol. de 495 pages avec figures.* (*Prix* : 10 *fr.*). *Retaux, éditeur. Paris*, 1902.

Ce livre est extrait d'une monographie très complète de l'acétylène, que l'auteur se propose de publier bientôt.

L'industrie du carbure de calcium et de l'acétylène a fait de tels progrès en quelques années, qu'il est utile d'avoir un exposé complet de l'état dans lequel elle se trouve aujourd'hui. L'auteur, qui a contribué par ses recherches à développer l'éclairage par l'acétylène, était bien placé pour faire cet exposé.

En dehors de la partie technique, qui comprend comme divisions essentielles des chapitres très documentés sur les fours à carbure, les usines où on le fabrique, les appareils producteurs d'acétylène, l'épuration du gaz, les appareils d'éclairage, on trouve dans cet ouvrage un historique très exact et très complet du carbure de calcium.

« Il entrait, dit l'auteur, dans la destinée du carbure de calcium de n'être découvert par personne avant qu'on en soupçonnât l'utilité, et de l'avoir été par tout le monde le jour où il eut donné naissance à une industrie d'une inappréciable valeur. »

Il faut reconnaître que, depuis Wœhler jusqu'à ce jour, plusieurs chimistes ont apporté quelques données sur les carbures métalliques alcalinoterreux et leur réaction au contact de l'eau; il faut dire ensuite que le carbure de calcium défini, cristallisé, a été obtenu pour la première fois par M. H. Moissan, qui en a étudié très complètement les propriétés, et que c'est ce travail qui est le point de départ de l'industrie actuelle du carbure de calcium et de l'acétylène.

Cette conclusion, connue d'ailleurs, ressort nettement de l'historique détaillé donné par M. E. Capelle.

On peut regretter que l'auteur de cet intéressant ouvrage, si détaillé sur bien des points, n'ait pas donné une statistique complète des applications de l'acétylène, nous montrant quelle est aujourd'hui la part exacte qui lui revient dans l'éclairage, à côté du gaz et de l'électricité, — et nous aurions aimé connaître longuement son avis motivé sur l'avenir de l'acétylène. Le petit chapitre consacré à cette question recevra sans doute quelques additions dans la monographie plus complète que l'auteur se propose de publier, et tel qu'il est, ce livre sur l'éclairage et le chauffage par l'acétylène sera étudié avec profit par tous ceux qu'intéresse cette question si actuelle.

MARCEL GUICHARD,
Chef de travaux
à l'Institut de Chimie appliquée.

3° Sciences naturelles

Gentil (Louis), *Maître de Conférences à la Sorbonne.* — **Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie).** (*Thèse de Paris.*) — *1 vol. in-8° de 535 pages avec coupes, cartes et figures. Adolphe Jourdan, éditeur. Alger*, 1902.

Notre colonie du nord de l'Afrique est, depuis quelque temps, la terre d'élection des jeunes géologues en quête d'un sujet intéressant de thèse de doctorat.

Sans compter, pour le moment, plusieurs jeunes savants dont les travaux ne sont encore qu'en préparation, M. Louis Gentil, maître de conférences, est, si j'ai bonne mémoire, le septième géologue qui, depuis dix ans environ, est allé chercher en Algérie une contrée moins battue que notre continent européen et plus susceptible de fournir matière à des observations nouvelles et originales.

La région qu'a choisie M. Gentil est celle qui, à l'extrémité occidentale de notre colonie, s'étend entre le méridien d'Oran et la frontière marocaine. C'est un vaste territoire, mesurant 125 kilomètres environ, de l'Est à l'Ouest, et dont le bassin proprement dit de la Tafna n'occupe que la moitié occidentale. En même temps que quelques restes peu importants de terrains cristallophylliens et de terrains primaires, représentés par des schistes et des poudingues, ce territoire comprend encore des terrains sédimentaires divers appartenant aux époques triasique, jurassique, crétacique et tertiaire, puis, au milieu de presque tous ces terrains, des roches éruptives variées et de divers âges, et des traces et produits fréquents de phénomènes volcaniques répétés, qui ont atteint leur paroxysme vers la fin de la période miocène.

Il est à remarquer que ce pays si intéressant de l'Ouest oranais est précisément celui qui semble avoir attiré plus spécialement l'attention des plus anciens géologues algériens, comme Rozet, Ville, Pomel, Bleicher, etc. Néanmoins, leurs travaux l'ont laissé très insuffisamment connu, et il a pu fournir encore à M. Louis Gentil un admirable sujet de thèse de doctorat.

Je ne saurais essayer d'analyser ici, même succinctement, le volumineux Mémoire de M. Gentil. Il occupe 535 pages de texte grand in-8° et il est illustré de plus de 125 jolies vues, cartes, profils ou grossissements de plaques minces de roches, insérés dans le texte. En outre, il est accompagné, hors texte, de deux grandes planches de coupes et de trois cartes géologiques en couleurs.

Il faut rendre à l'auteur cette justice qu'il a minutieusement étudié son sujet, malgré le titre modeste d'*Esquisse* qu'il a donné à son Mémoire, tous les côtés de la question ayant été abondamment traités.

Littérature spéciale à la région, orographie, géographie, hydrologie, stratigraphie, paléontologie, lithologie, tectonique et mouvements internes, toutes les faces, enfin, de la science géologique ont été successivement envisagées. Evidemment, après M. Gentil, les cher-

cheurs trouveront à peine à glaner dans ce bassin de la Tafna qu'il nous décrit si complètement.

Tous les chapitres, cependant, n'ont pas dans son Mémoire la même ampleur et la même importance. La partie essentielle, la page maîtresse réside dans l'étude pétrographique, approfondie et savante, qui a été faite des matériaux constituant le sol de la région. Très bien préparé à cette étude par les fonctions de préparateur des corps inorganiques, qu'il a exercées au Collège de France sous la direction d'un maître comme M. Fouqué, M. Gentil s'est efforcé de mettre à profit pour la détermination et la description de ses roches les méthodes les plus récentes et les plus perfectionnées d'examen microscopique.

C'est, d'ailleurs, en raison de cette aptitude spéciale, de cette prédilection pour la recherche de la constitution intime des roches, que l'auteur a porté son choix sur ce bassin de la Tafna, connu depuis longtemps, notamment par les recherches de MM. Curie et Flamand, comme une ancienne région volcanique très riche en roches éruptives de compositions et d'âges très variés.

Cette richesse et cette variété en terrains éruptifs et en terrains sédimentaires dans l'Ouest oranais n'ont pas peu contribué à compliquer et à surcharger l'œuvre de M. Gentil. Elles expliquent et justifient le développement considérable de son volume. Il suffit, pour s'en rendre compte, de jeter les yeux sur la belle carte géologique de la région qui accompagne le Mémoire. On n'y découvre pas moins de 38 teintes ou indications spéciales, dont chacune désigne une formation ou une roche distincte.

Le relevé de cette carte sur le terrain et son exécution matérielle ont dû être singulièrement laborieux. Tous les géologues qui ont pratiqué ce genre de travaux doivent féliciter M. Gentil d'avoir su le mener à bien.

Cette belle carte et le Mémoire de M. Gentil, si rempli de faits et d'observations utiles, seront précieux pour tous ceux qu'intéressent la connaissance et le développement de notre colonie. Ils font grand honneur à l'auteur. La Société Géologique de France vient de le reconnaître en décernant à M. Gentil le prix Fontannes pour 1903. Il n'y a pas de plus grand éloge à faire de son livre.

A. Péron,
Correspondant de l'Institut.

Richer (Dr P.), *Membre de l'Académie de Médecine.* — **Introduction à l'étude de la Figure humaine.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 187 *pages.* (*Prix* : 10 *fr.*) *Gaultier-Magnier et Cie, éditeurs. Paris,* 1902.

Le Dr Paul Richer a entrepris, avec le concours de M. Paul Gaultier, de publier une collection de volumes illustrés où seront réunis et méthodiquement distribués, pour s'éclairer les uns par les autres, les travaux relatifs : d'une part, à l'étude scientifique ; de l'autre, à la représentation artistique des *formes extérieures du corps humain.*

A cette sorte d'encyclopédie de la morphologie humaine, à cette double étude de la *Figure de l'homme*, considérée comme un objet de recherches scientifiques et de reproduction esthétique, il fallait une Introduction qui reliât les deux points de vue et montrât comment et pourquoi la Science et l'Art, contrairement à l'opinion vulgaire, loin de s'opposer et de se nuire, peuvent et doivent s'entr'aider et se développer ensemble, puisque l'antinomie, si souvent signalée entre leurs progrès respectifs, se trouve plus à la surface que dans le fond des choses.

C'est cette entrée en matière que M. Paul Richer donne dans un livre, pour ainsi dire hors cadre, et divisé en trois parties.

La première contient des considérations générales qui mettent en valeur les nombreux points de contact et les rapports profonds de l'Art et de la Science (Emploi spontané et réfléchi des mêmes facultés : instinct, génie, raisonnement, longue patience, recherche et labeur opiniâtre du savant et de l'artiste qui se complètent l'un l'autre et se confondent même comme dans un Michel Ange, un Léonard de Vinci, un Claude Bernard et un Pasteur).

La deuxième est consacrée à l'examen de certaines questions que soulèvent également l'étude scientifique et la représentation esthétique du nu (Différences, mais rapprochement désirable des canons artistiques et des canons scientifiques, pour apprécier les proportions du corps humain. — Distinction entre l'anatomie faite par dissection dans les laboratoires, et l'anatomie *plastique*, cette synthèse vivante de l'anatomie du mort, qui fournit à l'expression, au *langage du nu*, les mots dont la *physiologie artistique* formule ensuite la grammaire et la syntaxe d'après lesquelles l'artiste écrit ses poèmes. — Services rendus à la peinture et à la sculpture par la photographie instantanée qui, faisant retrouver dans la Nature même des images jusque-là insoupçonnées, facilite la critique de certains types conventionnels, par exemple de celui que les artistes ont adopté depuis la Renaissance pour représenter des *coureurs*). Plus variés et plus conformes aux mouvements réels, étaient les types de la course créés par l'Art grec, qui trouve ainsi une consécration inopinée dans les récentes découvertes scientifiques.

La troisième partie du livre de M. P. Richer est un *essai d'esthétique scientifique*. En trois chapitres pleins de faits et d'idées, et sous ces trois titres : l'*Idéal dans l'art*, le *Problème du Beau*, *Science et Conscience*, l'auteur reprend, renouvelle et surtout éclaire et simplifie, à l'aide de données positives, de souvenirs d'art et d'allusions à des mots piquants ou profonds de quelques maîtres, des questions plus souvent agitées que résolues par les métaphysiciens et les artistes.

Comment « faire vrai », tout en atténuant la réalité d'après un idéal personnel ? — On dit « bête comme un chou »; oserait-on dire : « comme un chou peint par Chardin? » — S'explique-t-on qu'un statuaire puisse, selon le mot de Sully-Prudhomme, « faire un chef-d'œuvre du buste d'un bossu?... » Ces problèmes et d'autres analogues, je ne dis pas que M. Richer les résolve, car lui-même s'en défend, mais il les tourne habilement vers la lumière. Par une substitution provisoire de l'idée de perfection à celle de beauté, il répand sur ces questions, ordinairement nuageuses, une clarté qui en renouvelle l'intérêt et nous dispose à accepter sur les destinées futures de l'Art comparées à celles de la Science, les conclusions optimistes que défendait naguère, contre les prédictions pessimistes de Renan, le regretté philosophe Guyau, dont M. Richer s'est heureusement inspiré dans cette *Introduction* à l'étude de la figure bumaine.

Dr Marcel Labbé.

4° Sciences médicales

Archivos del Consejo de Higiene de Valparaiso, año 1899 y primer semestre de 1900. — 1 *vol. in-8° de* 275 *pages. Valparaiso,* 1902.

Un tel volume ne se résume pas en quelques phrases ; on ne peut que tenter d'en donner une idée générale. Il équivaut au *Bulletin* de notre Comité Consultatif d'Hygiène ; les questions les plus diverses de l'Hygiène publique : le lait, l'hygiène scolaire, l'eau, les épidémies régnantes, les épizooties, etc., y sont l'objet de Rapports et d'études inspirés par les connaissances scientifiques les plus approfondies. Le Chili, et particulièrement la ville de Valparaiso, occupe vraiment l'un des premiers rangs parmi les Etats d'Amérique qui appliquent les notions de l'Hygiène moderne avec une intelligence et une méthode que plus d'un pays d'Europe pourrait imiter.

Dr R. Blanchard,
Professeur
à la Faculté de Médecine,
Membre de l'Académie de Médecine.

Achard (Dr Ch.). — **Nouveaux procédés d'Exploration.** *Leçons de Pathologie générale recueillies et rédigées par MM.* Sainton et Lœper. — 1 *vol. in-8° de* 436 *pages.* (*Prix* : 8 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1902.

Depuis quelques années, la technique médicale a subi de profondes modifications. Elle s'est enrichie de procédés nouveaux empruntés à la Physique, à la Chimie, à la Micrographie.

Le diagnostic est devenu beaucoup plus précis, mais l'examen des malades s'est singulièrement compliqué. Il faut même reconnaître franchement que, dans bien des cas, les méthodes nouvelles ont conduit à de grossières erreurs, soit parce qu'elles ont été mal appliquées, soit parce qu'on leur attribue une exactitude trop grande ou une précision trop rigoureuse. Il était donc indispensable de bien préciser la technique, et de bien indiquer les avantages et les inconvénients des divers procédés utilisés dans ces derniers temps. C'est ce que vient de faire M. Achard.

La première partie du livre est consacrée à l'exploration radiologique. L'auteur indique la technique, puis il montre les applications de la méthode en passant successivement en revue les différentes régions du corps. De nombreuses figures rendent les descriptions, qui sont également importantes pour le médecin, le chirurgien et l'accoucheur, extrêmement claires et probantes.

On sait quel intérêt s'attache aujourd'hui à l'étude des modifications du sang dans les maladies. Aussi M. Achard a-t-il consacré, avec juste raison, plusieurs chapitres aux résultats fournis par l'hématologie. Depuis les travaux d'Ehrlich, on admet l'existence de plusieurs variétés de leucocytes, douées de propriétés différentes. M. Achard étudie successivement l'origine de ces cellules dans les divers organes ou tissus; il nous fait connaître leur rôle physiologique; enfin, il indique leurs variations dans les processus morbides. Les modifications de la leucocytose ont une grande importance pour le diagnostic de certaines maladies, comme la leucémie, ou même de certaines infections, comme la variole. Elles ont aussi une signification pronostique : l'étude de la courbe leucocytaire permet parfois de prédire l'évolution et d'annoncer les rechutes.

Ce n'est pas seulement dans le sang qu'il est important de déterminer les variations des leucocytes, c'est aussi dans les exsudats naturels ou provoqués. Il s'agit là d'une méthode, désignée sous le nom de cyto-diagnostic, qui est également apte à rendre des services en clinique.

A côté des modifications survenues dans les éléments figurés, il faut faire une large place aux modifications de la constitution chimique du sang. Ce sont d'abord les variations des ferments, dont MM. Achard et Clerc ont poursuivi l'étude et dont l'intérêt théorique est considérable. Ce sont ensuite les modifications dans le pouvoir agglutinant du sérum. On sait qu'au cours de certaines infections, le sérum acquiert la propriété de réunir et d'agglutiner les microbes qui ont provoqué la maladie. Cette découverte a servi de point de départ à une méthode clinique bien connue : le séro-diagnostic. Les services rendus par ce procédé sont indéniables, surtout dans la fièvre typhoïde. Aussi, M. Achard qui, un des premiers, a poursuivi l'étude de cette question, inaugurée par M. Widal, y consacre-t-il d'assez longs développements.

Les résultats fournis par la cryoscopie ont peut-être moins d'intérêt pratique. M. Achard nous a donné en quelques pages toutes les notions qui sont utiles au médecin.

Le livre se termine par l'exposé des résultats que fournit, pour l'exploration des fonctions rénales, l'étude de l'élimination de certaines substances. C'est à M. Achard que nous sommes redevables des principaux résultats obtenus dans cette voie. L'emploi de bleu de méthylène rend de très grands services en clinique et a permis d'éclairer bien des points encore obscurs de la pathologie rénale.

On voit, par cette rapide analyse, que M. Achard était plus apte que qui que ce fût à décrire les nouveaux procédés d'exploration clinique. Il est un de ceux qui ont le plus étudié les méthodes récemment introduites en Médecine et il a rendu un véritable service aux praticiens en leur donnant un guide dont ils apprécieront la clarté et la précision.

Dr H. Roger.
Médecin des Hôpitaux.

5° Sciences diverses

Liard (Louis), *Membre de l'Institut*, — **Pages éparses.** 1 *vol. in-12 de* 252 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.*) *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1902.

Savants tels que Pasteur, Albert Gaudry et Lacaze-Duthiers, penseurs comme Jules Simon, grands éducateurs comme Albert Dumont et Eugène Spuller, tels sont ceux dont M. Liard nous raconte la vie, analyse l'œuvre et la pensée dans les pages d'une brève éloquence qu'il a eu l'heureux souci de réunir, après les avoir d'abord semées, ici et là, au hasard des circonstances. Dans ces discours, dans ces Notices académiques, chacun de ces hommes d'élite revit, évoqué sous ses traits caractéristiques : Jules Simon, avec sa douce et séduisante physionomie de libéral et d'idéaliste, un peu meurtri par les brutalités de la politique; Albert Dumont, conduit de l'érudition aux idées générales et de là à l'action, dans son œuvre de réforme universitaire; Spuller, poursuivant en apôtre sa propagande ardente pour l'instruction populaire; Lacaze-Duthiers, s'acharnant avec l'enthousiasme de la passion à pénétrer le mystère de la formation et du devenir de l'animal et demandant à l'embryon le secret des formes futures de l'être; Gaudry, reconstituant dans ses livres et dans la grande galerie du Muséum l'histoire de la création des espèces; Pasteur enfin, qui, paraissant ne s'attaquer « qu'à des problèmes insolubles », les résout par l'effort de son génie, « mélange admirablement dosé de l'imagination qui invente et de la raison qui prouve, de l'enthousiasme qui crée et de la réflexion qui, sans le refroidir, l'arrête net, à l'instant où ses conceptions cessent de correspondre à la réalité et deviennent fictions et chimères ». Quelques autres figures apparaissent dans ce livre, l'explorateur Foureau et le commandant Lamy, Mme Meyrier, la femme héroïque du consul de France de Diarbékir, en Arménie, d'autres encore. Il nous faut citer aussi un historique rapide de la fondation des modernes Universités françaises, où l'auteur, plus compétent que personne, nous explique sous quelle inspiration s'est accomplie cette œuvre de renaissance, et comment les vieilles Universités se sont relevées, rajeunies et vivifiées, par le simple octroi d'une large autonomie civile et scientifique, dont les heureux effets se font déjà sentir.

Et, quel que soit le sujet traité, ce qui sera partout goûté dans ces *Pages éparses*, c'est la netteté et la vigueur de la pensée, traduite dans toute sa précision par une langue expressive et sobre.

H. Léonardon,
Conservateur adjoint
de la Bibliothèque de Versailles.

Lagrésille (Henri), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Monde sensible. Essai de synthèse philosophique.** — 1 *vol. in-8° de* 580 *pages.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Fischbacher, éditeur. Paris*, 1902.

Toutes les personnes qui s'intéressent aux « vibricules », aux « microglobules », aux mélanges « liquoïdes », au « mouvement vibratoire organisé », au « préhominien de l'époque tertiaire », à l' « homme actuel » ou « Adamien », à l' « origine primordiale de la nébuleuse solaire », aux « archigénèses » et aux « univers relatifs » trouveront, dans les 580 pages de ce bel ouvrage, un aliment substantiel à leur curiosité studieuse et inextinguible.

L. O.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 2 Février 1903.

L'Académie procède à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. Damour, décédé. M. **Léon Labbé** est élu. — L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, la liste suivante de candidats pour la place de membre du Bureau des Longitudes, vacante par suite du décès de M. Faye : 1° M. **G. Bigourdan**; 2° M. **P. Puiseux**. — M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. **Reboul**, Correspondant pour la Section de Chimie.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **J.-A. Normand** indique un certain nombre d'expressions algébriques qui peuvent remplacer approximativement certaines transcendantes logarithmiques et exponentielles, et qui ont sur elles l'avantage d'être rationnelles. — M. **G. Miller** démontre que si p^{α} est la plus haute puissance de p qui divise l'ordre d'un groupe simple (K), et si le nombre des sous-groupes de l'ordre p^{α} dans K est moindre que $(p+1)^2$, il faut que chacun de ces sous-groupes soit transformé en lui-même par un sous-groupe maximum de K. — M. **D. André** démontre un certain nombre de théorèmes sur les couples actifs des permutations et sur leurs relations avec les séquences. — M. **E. Borel** communique quelques réflexions sur l'approximation, les uns par les autres, des nombres formant un ensemble dénombrable. — M. **Perrotin** adresse les éléments de la comète 1903 *a*, découverte à Nice par M. Giacobini; cette comète est distincte de la comète Tempel-Swift; elle est probablement nouvelle. — MM. **J. Guillaume** et **G. Le Cadet** envoient leurs observations de la comète 1903 *a*, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon. — M. **G. Fayet** communique les éléments provisoires de la nouvelle comète Giacobini. — M. **J. Guillaume** adresse ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de 1902. Le nombre des groupes de taches notés est le même que dans le précédent trimestre, mais leur surface totale est supérieure de plus du double. Le nombre et la surface des groupes de facules sont moindres que dans le trimestre précédent. — M. **Amann** a observé sur Jupiter, en décembre 1902 et janvier 1903, une bande rectiligne, anomalement oblique (de 12° environ) à l'équateur de la planète. — M. **P. Duhem**, étudiant les conditions d'équilibre des milieux vitreux, montre qu'on peut étendre aux milieux vitreux affectés de viscosité bon nombre de propositions démontrées pour les fluides visqueux. — M. **J. Hadamard** donne une nouvelle démonstration de sa proposition suivant laquelle il ne pourrait se produire de glissement ou de surface de discontinuité dans les fluides. Il montre également que les ondes de choc dans les gaz sont capables de créer des tourbillons là où il n'en existait pas avant leur passage. — M. **M. Brillouin**, étudiant l'influence réciproque de deux oscillateurs voisins, montre qu'un déplacement brusque du premier produit, non seulement un déplacement brusque du second, mais aussi une variation brusque de vitesse, qui s'éteint moins vite que les autres par répercussion et finit par être seule importante après un nombre suffisant d'intervalles.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **J. Boussinesq** étudie l'absorption de la lumière : 1° par les cristaux symétriques; 2° par certains milieux dissymétriques, tels que les corps naturellement isotropes, solides ou fluides, sensibles au magnétisme et qu'on soumet à son action. — M. **R. Blondlot** a constaté que les rayons X sont polarisés au moment de leur émission; ils ont un plan d'action, qui est celui qui passe par chaque rayon X et le rayon cathodique générateur. Le quartz et le sucre font tourner le plan de polarisation des rayons X. — M. **Ch.-Ed. Guillaume** a reconnu que la dilatation des alliages de fer et de nickel dépend des corps étrangers, tels que le manganèse, le carbone et le silicium, dont ils contiennent toujours une petite quantité. Cette action est surtout sensible dans la région de très faible dilatation, c'est-à-dire entre 35 et 36 °/₀ de Ni. — M. **P. Carré**, en faisant réagir l'acide phosphorique sur la mannite, a constaté que celui-ci agit d'abord comme déshydratant, puis comme éthérifiant pour donner un monoéther phosphorique (dont le sel de Ba répond à la formule $PO(O^2Ba)OC^6H^9O^4$) et ensuite un diéther, dont le sel n'a encore pu être isolé. — M. **Balland** a déterminé les quantités de phosphore contenues dans les diverses farines. Les pains de munition en contiennent bien davantage que les pains blancs des boulangeries civiles.

3° SCIENCES NATURELLES. — MM. **Ch. Bouchard** et **Balthazard** ont reconnu que, chez les tuberculeux, ceux qui sont devenus malades parce qu'ils ont été exposés à la contagion d'une façon plus directe, plus répétée, ont un cœur normal. Chez ceux qui étaient prédisposés à la tuberculose, la petitesse du cœur est constante et paraît constituer une de ces causes prédisposantes. — M. **J. Tissot** confirme ses précédentes conclusions sur les échanges respiratoires à l'état de repos et à l'état de travail au cours des ascensions en ballon. — M. **E. Maurel** : Sur le rapport du poids du foie à la surface totale de l'animal (voir p. 161). — M. **J. Chaine** pense que, chez les Mammifères, par suite du développement considérable qu'a pris le muscle digastrique, l'abaisseur de la mandibule des Vertébrés inférieurs, dont la fonction est semblable à celle du digastrique, a progressivement diminué d'importance au point de n'être plus représenté, chez quelques espèces, que par un grêle faisceau musculaire, tandis que, chez d'autres, il se transformerait en une formation tendineuse (ligament sphéno-maxillaire). — M[lle] **M. Loyez** a observé l'existence de formations ergastoplasmiques dans l'épithélium folliculaire des Oiseaux. — M. **V. Babes** a constaté que les cellules géantes sont très souvent le produit d'un bourgeonnement vasculaire, déterminé par le bacille de Koch dans la tuberculose. — M. **P.-A. Dangeard** a reconnu que la bipartition du corps est longitudinale chez le *Monas vulgaris;* le noyau se divise suivant le mode indirect : c'est une téléomitose semblable à celle des Chlamydomonadinées. Le blépharoplaste et le rhizoplaste sont très apparents. — M. **H. de Vries** conclut de ses expériences sur les hybrides végétaux que la loi de Mendel s'applique aux caractères dits de variété, tandis que les caractères spécifiques vrais donnent dans leurs croisements des caractères d'hybrides constants. — M. **L. Daniel** a observé que le bourrelet de la greffe présente une structure essentiellement variable, dépendant des hasards de la cicatrisation. A cause de ces différences de structure, la conduction des sèves et parfois leur nature même sont modifiées plus ou moins suivant chaque greffe. — M. **E. Demoussy** a constaté que les plantes peuvent profiter à un haut degré de la présence de faibles excès d'acide carbonique dans l'atmosphère qui les baigne. — M. **P. Termier** a étudié les roches granitiques et les terrains cristallophylliens du massif des Beni-Toufout, entre El-Milia et Collo (Algérie). Tout le cristallophyllien paraît appartenir à l'Eocène. — M. **L. Cayeux** a reconnu l'existence du Jurassique supérieur

et de l'Infracrétacé dans l'île de Crète. — **M. A. Gaudry** a étudié le crâne de l'homme fossile découvert aux environs de Menton. Il date probablement de l'époque chaude chelléenne; il diffère, en ce qui concerne la mâchoire, de celui de l'Européen actuel et se rapproche de celui de l'Australien.

Séance du 9 *Février* 1903.

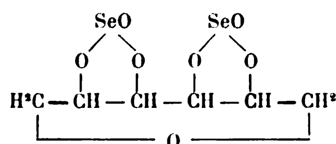
M. le Président annonce à l'Académie la mort de **M. Lechartier,** Correspondant pour la Section d'Economie rurale.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. Edm. Maillet** étend aux fonctions d'ordre infini certains résultats obtenus par lui pour les fonctions d'ordre fini. — **M. J. Hadamard** communique ses recherches sur les opérations fonctionnelles. — **M. G. Kœnigs** démontre un théorème analogue à celui de Bobillier dans le cas du roulement d'une surface sur une surface applicable. — **M. P. Duhem** a déterminé les équations du mouvement et la relation supplémentaire au sein d'un milieu vitreux.

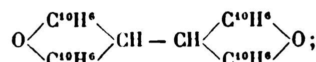
2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. J. Boussinesq** étudie l'extinction graduelle du mouvement à l'arrière d'une onde isolée dans un milieu élastique éprouvant une résistance proportionnelle ou à la vitesse, ou au déplacement. — **M. Ch.-Ed. Guillaume** a mesuré les changements passagers et permanents des aciers au nickel. Les aciers à environ 43 °/₀ de Ni n'éprouvent que des variations de longueur insignifiantes après l'étuvage. Pour les mêmes aciers, l'étuvage produit, au début, une faible augmentation de la dilatation, mais ensuite la règle conserve sa dilatation. — **M. A. Egnell** a constaté que la quantité d'air déplacée dans le vent est constante à toutes les hauteurs depuis 300 mètres jusqu'à 12.000 mètres. La vitesse moyenne du vent varie donc en raison inverse de la densité de l'air. — **M. C. Tissot** décrit un nouvel appareil à effet magnétique propre à servir de détecteur d'ondes électriques. — **MM. P. Curie** et **J. Danne** ont déterminé la loi de disparition de la radioactivité induite par le radium sur les corps solides. Cette loi est la même pour tous les corps activés pendant une durée supérieure à 24 heures; elle s'exprime par la formule exponentielle :

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\theta_1}}$$

avec $\theta_1 = 2.400$ secondes. L'activité diminue de moitié en 28 minutes. — **M. Alb. Colson** a reconnu que la composition chimique des bisulfates alcalins dissous change avec la dilution, d'où la possibilité d'extraire d'un bisulfate, par simple action de l'eau, une partie de l'acide qu'il renferme. — **M. H. Copaux**, en oxydant par le chlore les acétates de cobalt et de manganèse, a obtenu dans le premier cas une combinaison chloroacétique complexe de l'oxyde intermédiaire Co^3O^4, et dans le second un acétate de sesquioxyde de manganèse. — **MM. C. Chabrié** et **A. Bouchonnet**, en faisant réagir le chlorure de sélényle sur la mannite, ont obtenu de l'eau, de l'acide chlorhydrique et un composé :



cristallisant en aiguilles se décomposant vers 190°. — **M. R. Marquis** a réalisé une nouvelle synthèse de l'orthodiazine en faisant réagir l'aldéhyde fumarique sur l'hydrazine. Il se forme en même temps de la tétraméthylènediamine. — **M. P. Freundler**, en réduisant l'alcool *o*-nitrobenzylique par le zinc, la soude et l'alcool, a obtenu : 1° un peu d'aldéhyde *o*-aminobenzoïque ; 2° de l'alcool *o*-aminobenzylique ; 3° une bis-anhydro-aminobenzaldéhyde; 4° une résine jaune $C^{14}H^{12}Az^2O$; 5° de l'acide indazyl-*o*-benzoïque ; 6° un acide rouge monobasique; 7° de l'acide anthranilique; 8° une amide $C^{14}H^8Az^2O^2$. — **M. F. Bodroux** a fait la synthèse des acides anisique et paraéthoxybenzoïque en traitant les dérivés parabromés de l'anisol et du phénétol par le magnésium, puis par un courant de CO^2 et enfin par l'acide chlorhydrique. — **M. R. Fosse** a constaté que le bromure de dinaphtopyryloxonium ou le dinaphtopyranol se condensent sous l'action du zinc pour donner le bis-dinaphtopyryle :



celui-ci est dédoublé, à son tour, par le brome en deux molécules de bromure de dinaphtopyryloxonium. — **M. E.-E. Blaise** a observé que, sous l'influence de l'acide iodhydrique, un groupement méthyle de l'acide diméthylglutaconique a émigré de la position 2 à la position 4. — **M. Léon Brunel** a préparé l'orthocyclohexanediol-1 : 2 par saponification de sa iodhydrine; c'est un corps incolore, cristallisant dans le système orthorhombique, F. 104°. Il paraît isomère avec l'orthonaphtèneglycol de Markownikoff. — **M. Eug. Gilson** a isolé de la racine de rhubarbe deux glucotannoïdes cristallisés et purs. La *glucogalline* est hydrolysée par l'acide sulfurique en une molécule d'acide gallique et une de *d*-glucose. La *tétrarine* est décomposée par les acides en *d*-glucose, acide gallique, acide cinnamique et rhéosmine $C^{10}H^{12}O^2$, F. 79°,5. — **MM. P. Genvresse** et **Chablay** montrent que l'essence de marjolaine du midi de la France doit s'appeler essence de *Galamintha Nepeta* et qu'elle contient du pinène, une cétone nouvelle : la calaminthone, et de la pulégone. — **MM. L. Grimbert** et **V. Coulaud** ont reconnu que la substance réductrice du liquide céphalo-rachidien de l'homme n'est autre que le glucose.

3° SCIENCES NATURELLES. — **MM. Ed. Toulouse** et **Cl. Vurpas** pensent que, dans les réactions musculaires, il y a lieu de distinguer deux vies : l'une, vie propre et autonome, qui se manifeste, après une excitation, par une contraction étroitement localisée aux points directement excités; l'autre, vie harmonique, se manifestant par une contraction proprement dite, qui, à un premier degré, est limitée aux fibres directement excitées et qui, à un second degré, s'élève et se perfectionne en se généralisant à la totalité du muscle. — **M. A. Malaquin** a observé que la métamérisation hétéronome des deux régions du corps (thorax et abdomen) de la Salmacine provient tout entière du centre d'accroissement terminal. — **M. H. Coupin** a reconnu que le fer, le silicium et le zinc ne sont d'aucune utilité dans la nutrition du *Sterigmatocystis nigra*. Le mycélium est susceptible de fournir lui-même l'acidité nécessaire à son entier développement. — **M. A. Prunet** a constaté que la maladie des rameaux du Figuier qui se manifeste dans le sud de la France est due au parasitisme d'un *Botrytis*, qui les envahit à l'aide de son mycélium après un certain stade de développement saprophytique sur les figues. — **MM. L. Mangin** et **P. Viala** établissent que la maladie des racines de la vigne connue sous le nom de *phthiriose* est produite par l'association de la cochenille (*Dactylopius Vitis*) et d'un champignon, le *Bornetina corium*, ce dernier protégeant la cochenille pendant sa vie souterraine contre la sécheresse. — **M. E. de Wildeman** décrit une nouvelle plante à caoutchouc du Bas-Congo, appartenant au genre *Clitandra*. Le caoutchouc s'obtient en faisant bouillir le latex dans l'eau. — **M. B. Renault** conclut de ses études de Botanique fossile que les tissus cellulaires ont eu autrefois une activité de formation plus grande qu'actuellement; cette activité était favorisée par un développement vasculaire approprié. — **M. B. P. G. Hochreutiner** a observé sur la bordure du Sahara un type spécial de dune, formée par du sable apporté par un courant d'air local. Cette dune est abso-

lument fixe. On pourrait l'empêcher de s'agrandir en barrant la vallée par des plantations d'arbres. — **M. L. de Launay** établit que, dans les grands gisements de fer scandinaves, qui renferment une association d'oligiste et de magnétite, des hydrocarbures amenés par des filons de quartz ont, dans certains cas, nettement transformé l'oligiste en magnétite.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Février 1903.

M. Eug. Bloch étudie l'*ionisation par le phosphore*. Dans la plupart des cas d'ionisation des gaz connus jusqu'ici, les ions ont une mobilité de l'ordre de 1 centimètre par seconde dans un champ de 1 volt par centimètre et servent de noyaux de condensation à la vapeur d'eau possédant une sursaturation suffisante. Au contraire, les ions contenus dans les gaz de l'électrolyse et étudiés par M. Townsend ont une mobilité de l'ordre de $\frac{1}{300}$ de millimètre par seconde et condensent la vapeur d'eau simplement saturante : ils constituent donc des ions exceptionnels. L'étude du phosphore fournit un second cas exceptionnel. Les travaux de Barus, de Schmidt, de Harms, sur la conductibilité de l'air qui a passé sur le phosphore n'ont pas élucidé les questions essentielles que l'on peut se poser sur cette conductibilité : est-elle due à une ionisation ou à une convection? Quelle est, dans la première hypothèse, la mobilité des ions? Condensent-ils aussi la vapeur d'eau et de quelle manière? La difficulté principale que l'on rencontre en cherchant à répondre à ces questions est celle de l'irrégularité vraiment décevante du phénomène : cette irrégularité est due probablement à des traces de vapeur d'eau et disparaît quand on fait passer de l'air rigoureusement sec sur du phosphore desséché. 1° En ce qui concerne la conductibilité électrique qui se manifeste dans le gaz après ce passage, on peut d'abord mettre en évidence l'existence d'un courant de *saturation*, ce qui justifie l'hypothèse d'une ionisation. Si le gaz passe dans un tube renfermant l'une à la suite de l'autre deux électrodes isolées identiques, l'établissement d'un champ suffisamment intense entre la première électrode et le tube supprime toute conductibilité entre le tube et la seconde électrode. Cette suppression est définitive et la conductibilité ne paraît pas plus loin par suite d'une prolongation possible de l'oxydation. Il est dès lors légitime d'appliquer au cas actuel la méthode de mesure des mobilités qui a été indiquée par Zeleny et qui, sous la forme que lui a donnée Mac Clelland, consiste simplement, avec un tube analogue au précédent, à déterminer le voltage qu'il est nécessaire de mettre sur la première électrode pour que le courant sur la seconde soit réduit à une fraction connue de sa valeur maximum. La connaissance de ce voltage, de la vitesse du courant gazeux et des dimensions de l'appareil permet de calculer les mobilités : elles sont du même ordre pour les deux espèces d'ions, et cet ordre est de $\frac{1}{300}$ de millimètre par seconde dans un champ de 1 volt par centimètre. 2° L'émanation du phosphore, qui, en l'absence de vapeur d'eau, ne contient aucune poussière solide ou liquide visible dans un faisceau de lumière intense, se charge d'un nuage de vapeur d'eau aussitôt qu'elle arrive à l'air humide et sans qu'il soit besoin d'atteindre même la saturation de l'air. Ce nuage se condense bien, au moins en grande partie, sur les ions, comme il est possible de le prouver par une méthode analogue à celle de C.-T.-R. Wilson : on place trois plateaux parallèles au sein de l'émanation, et l'on crée un champ entre le plateau central et l'un des deux autres; le nuage disparaît seulement du côté où existe le champ. La conductibilité de l'air qui a passé sur le phosphore est donc due à des ions de très faible mobilité qui servent de noyaux de condensation à la vapeur d'eau même non saturante. Ils sont donc tout à fait à rapprocher des ions signalés par Townsend dans les gaz de l'électrolyse : leur nature chimique reste, d'ailleurs, pour le moment mystérieuse. Ces cas d'ionisation *exceptionnels* ne sont peut-être pas isolés, et il sera probablement possible d'augmenter beaucoup leur nombre par l'étude des différents gaz préparés récemment par voie chimique. — **M. H. Pellat** expose à la Société ses recherches concernant l'action d'un champ magnétique intense sur les tubes à gaz raréfiés. Elles l'ont amené à trouver une série de phénomènes nouveaux, ou en partie nouveaux, qui ne pouvaient s'expliquer par les lois connues. Ils s'expliquent aisément si l'on admet que le flux cathodique et le flux anodique éprouvent, dans un champ magnétique intense, quelque chose d'analogue à un frottement anisotrope, considérable dans le sens perpendiculaire aux lignes de force du champ et nul ou faible dans le sens même de ces lignes. C'est pour rappeler cette propriété que M. Pellat a proposé de donner à ceux-ci le nom de phénomènes de *magnétofriction*. Sous cette influence, le faisceau cathodique se moule à l'intérieur du tube de force magnétique du champ intense ayant pour base la cathode, dessinant exactement celui-ci et le rendant visible par la belle fluorescence que les rayons cathodiques déterminent dans le gaz raréfié. Le flux anodique tend aussi à suivre les lignes de force du champ et à se mouler dans le tube de force; mais les actions électriques ayant plus d'influence sur lui que sur le faisceau cathodique, il faut des champs un peu plus intenses pour que les phénomènes de magnétofriction présentent la même netteté. Pour forcer un faisceau anodique à couper les lignes de force d'un champ intense, il faut une différence de potentiel très considérable, de façon que la force électrique agissant sur les particules en mouvement soit assez grande pour leur permettre de vaincre l'effet de la magnétofriction. On observe en même temps un grand dégagement de chaleur, qui rend brûlante la partie du tube soumise au champ intense. Dans ces conditions, le faisceau anodique, au lieu de se resserrer en un mince filet le long de la paroi, comme cela a lieu dans les champs faibles, par suite de l'action électromagnétique, se diffuse dans toute la section du tube. La valeur H du champ à partir de laquelle cette diffusion commence à apparaître diminue avec la pression du gaz. Pour une même pression, H est beaucoup plus grand pour l'oxygène que pour l'hydrogène. Un mélange de deux gaz se comporte comme un gaz unique jouissant de propriétés intermédiaires entre celles des composants. — A propos de la Communication de M. Pellat, **M. A. Broca** rappelle des expériences de 1898, qu'il a montrées alors à la Société, et auxquelles M. Pellat vient de faire allusion. La forme de tube employée alors, et réalisée grâce à la grande habileté de M. Chabaud, lui permettait, au moyen d'un écran diamétral entourant la boule cathodique, de suivre les rayons cathodiques même dans le cas où ils ne rencontraient plus la paroi du tube et semblaient éteints. On peut voir alors l'existence de deux sortes de rayons : Les uns donnent une illumination de l'écran diamétral en chapeau de gendarme; ils s'enroulent autour du champ, et existent toujours, même pour les champs les plus intenses; une partie d'entre eux a une trajectoire en hélice très tendue suivant le champ : ce sont les rayons de Birkeland. A côté de ceux-ci, il y a ceux que M. Broca a appelés *rayons de seconde espèce*, qui semblent dirigés rigoureusement suivant le champ, et qui apparaissent subitement pour une certaine valeur de celui-ci. Le tube à écran percé de M. Pellat ne lui permet pas de suivre les phénomènes et de voir l'effet des deux ordres de rayons, car il y a toujours des rayons de première espèce, émanés d'un point de la cathode, variable avec le champ, qui passent par le trou. Parmi ceux-là, il y en a toujours qui suivent le champ. Les rayons que M. Broca a appelés *de seconde espèce* et qui produisent des silhouettes sans rotation,

contrairement à ceux de M. Birkeland, ne modifient pas essentiellement les phénomènes au moment où ils apparaissent. — **M. Pellat** répond que ce n'est pas seulement par la direction du rayon qui passe par l'ouverture de l'écran qu'il accuse la forme de la trajectoire des rayons cathodiques, mais par tout le faisceau très nettement délimité sur ses bords. En particulier, lorsque la cathode est carrée, l'image de ce carré, formée par les rayons cathodiques sur le verre de l'ampoule, ne tourne pas autour de son centre, comme dans les expériences de M. Birkeland, quand on augmente l'intensité du champ jusqu'au point où le faisceau cathodique forme exactement le tube de force magnétique. Le phénomène est donc tout à fait différent de celui que donnerait l'enroulement des rayons cathodiques autour des lignes de force. Il est bien évident que cet enroulement existe, comme le montrent les expériences de M. Birkeland et celles de M. Broca; mais il est non moins évident que, dans les champs intenses, les forces qui donnent lieu à cet enroulement sont masquées par des forces de nature toute différente, qui sont précisément celles qui ont fait l'objet de sa communication et qu'il a appelées *forces de magnétofriction*. L'expérience qu'il a indiquée, et qui consiste à suivre le chemin des rayons cathodiques quand on fait croître le champ, ne laisse sur ce point aucun doute dans l'esprit de tous ceux qui l'ont vue, étant absolument inexplicable par l'enroulement des rayons. Enfin, **M.** Pellat répète qu'il a toujours trouvé une parfaite continuité du phénomène quand le champ augmente.

SOCIETÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 23 *Janvier* 1903.

M. **A. Hollard** a trouvé que le peroxyde électrolytique de plomb (obtenu en solution de nitrate de plomb) n'est pas constitué par du PbO^2 pur, mais par du PbO^2 accompagné de *superoxydes de plomb* dont la proportion croît avec la dilution du bain. Il en résulte pour l'analyse électrolytique des erreurs graves lorsqu'on admet la constitution PbO^2. M. Hollard donne une courbe des vrais facteurs analytiques en fonction des concentrations du bain en plomb. M. Hollard a trouvé, d'autre part, des superoxydes électrolytiques de *nickel* (NiO^4) et de *bismuth* (Bi^2O^7). Il indique un procédé général d'obtention des peroxydes électrolytiques — même lorsque ces peroxydes ne sont pas conducteurs du courant — qui consiste à les former sur l'anode en même temps que des peroxydes conducteurs; on obtient ainsi un dépôt suffisamment conducteur. — **M. A. Colson** a obtenu par voie chimique (oxydation directe) des composés plombiques qui paraissent analogues aux oxydes décrits par M. Hollard, car ils absorbent une quantité d'acide sulfureux supérieure à celle qui transforme PbO^2 en sulfate et dégagent des composés oxygénés du chlore au contact de l'acide chlorhydrique fumant. L'un d'eux crépite même assez fortement dans cet acide, à la température ambiante. — **M. A. Gautier** montre que les gaz qu'il a extraits des différentes roches offrent la même composition quantitative que ceux analysés par M. Moissan et provenant de l'éruption de la Martinique. Il pense que cette analogie suffit à expliquer les phénomènes volcaniques. Les roches venant au contact du feu central produisent ces gaz en grande quantité, ce qui suffit à expliquer le phénomène sans qu'il soit nécessaire de supposer une fis-ure donnant accès à l'eau provenant de la mer ou d'une nappe souterraine. — **M. A. Brochet** a repris l'électrolyse du chlorate de potassium avec anode de cuivre suivant les indications de MM. Bancroft et Burrows. D'accord avec eux sur la formation de chlorure avec un rendement supérieur à celui pouvant correspondre à la réduction cathodique, il est en opposition au sujet de la théorie de cette action, qui résulterait de la décomposition du chlorate de cuivre formé par le cuivre métallique. La destruction de l'ion ClO^3 permet de prévoir un rendement de 600 %; les chiffres obtenus, variant de 100 à 200 %, montrent donc qu'à côté de cette série *anormale* de réactions se passe également la série normale sans formation de chlorure, analogue à celle qui se produit dans le cas général de l'électrolyse des sels oxygénés. En outre, le précipité obtenu n'est pas de l'oxyde de cuivre pur, obtenu en quantité théorique, mais un mélange renfermant, à côté de l'oxyde, du cuivre métallique et un peu de chlorure. — **M. L. Bouveault** expose la préparation de l'acide dinitroacétique et ses différentes réactions. — **M. Lecornèur**, à propos d'une note de M. Lees parue aux *Proceedings*, annonce qu'il a entrepris, depuis plus d'une année, sur les conseils de M. Béhal, l'étude des produits obtenus dans l'action de l'iodure d'hexyle de la mannite, sur l'acétylacétate d'éthyle et le cyanacétate d'éthyle sodés. L'étude de la première de ces réactions avait été commencée par M. Lundahl (*Berichte*, 1884.) L'hexylacétylacétate d'éthyle bout à 135° sous 19 mm. Saponifié par la potasse alcoolique, cet éther se transforme en hexylacétone bouillant à 180-182°; celle-ci donne avec l'hydroxylamine une oxime liquide bouillant à 136-137° sous 29 mm. L'hexylacétone donne, par l'action des dérivés organomagnésiens, les alcools tertiaires suivants : le diméthylhexylcarbinol, bouillant à 92° sous 20 mm.; le méthylhexylphénylcarbinol, bouillant à 104-106° sous 22 mm.; le méthyléthylhexylcarbinol, bouillant à 138-140° sous 18 mm. L'hexylcyanacétate d'éthyle bout à 140-141° sous 18 mm. Traité par l'iodure de méthyle, en présence d'alcool sodé, cet éther donne le méthylhexylcyanacétate d'éthyle, bouillant à 128-129° sous 11 mm. — L'action du perchlorure de phosphore sur l'aldéhyde cinnamique a donné à **MM. Charon** et **Dugoujon** un chlorure cristallisé, fondant à 54° et répondant à la formule $C^6H^5.CH{:}CH.CHCl^2$. Au contact de l'eau, ce composé régénère à froid et très rapidement de l'aldéhyde cinnamique avec formation d'acide chlorhydrique. Il se comporte comme un véritable chlorure d'acide, à l'énergie de la réaction près. Cette propriété particulière est due à la présence de la double liaison, car, si l'on sature celle-ci, on obtient des dérivés très stables, tels que le phényltétrachloropropane C^6H^5—CHCl—CHCl—$CHCl^2$, fondant à 66°, et le phényldibromodichloropropane, fondant à 128°, sur lesquels l'eau est sans action.

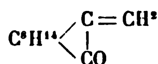
SECTION DE NANCY

Séance du 11 *Février* 1903.

M. Guntz communique le résultat de ses recherches sur les sous-sels de baryum. En chauffant Na avec les composés halogénés du Ba, il a obtenu divers composés répondant au type BaX.NaX, décomposant l'eau à la température ordinaire, sans action sensible sur l'alcool absolu, et qui, chauffés au rouge dans le vide, se décomposent en donnant Na qui se sublime. — **M. P.-Th. Muller** montre qu'en associant les idées de Werner sur les valences supplémentaires avec la théorie d'Abegg et Bodländer relative à l'électro-affinité, on peut arriver à connaître jusqu'à un certain point l'état d'hydratation de l'ammoniaque dissoute dans l'eau. La théorie de Werner est la seule qui explique que l'azote de l'ammoniac gazeux ou dissous ait sensiblement la même réfraction atomique que l'azote des amines et des sels dissous[1]; car cette théorie considère l'azote comme étant partout trivalent. De plus, si l'on admet que l'ammoniaque dissoute conserve, jusqu'à la concentration normale, la même constante d'affinité (ce qui est assez plausible), à savoir $19{,}10^{-6}$ à 25°[2], on peut en conclure que le cation de la solution normale est un complexe, dont la mobilité est égale à 37 (OH = 196), ce qui correspond à environ 17 à 24 atomes. L'hydrate

[1] Voir *Bull. Soc. Chim.*, 1902, t. XXVII, p. 649.
[2] F. Goldschmidt : *Z. f. anorg. Ch.*, 1901, t. XXVIII, p. 122.

neutre aurait pour formule $(AzH^3)^4,H^2O$ ou $(AzH^3)^4$, et la constitution du cation serait : $(AzH^3)^4...\overset{+}{H}$, en introduisant les valences supplémentaires de Werner. Ce cation se simplifie au fur et à mesure que l'on dilue, et, pour les solutions étendues, le cation est le même que celui du chlorhydrate d'ammoniaque, c'est-à-dire $AzH^3...\overset{+}{H}$. — MM. **P.-Th. Muller** et **Bauer** ont déterminé la chaleur de neutralisation de quelques dérivés isonitrosés acides par la soude : isonitroso-cyan-acétate de méthyle (10 cal. 0), isonitroso-cyan-acétate d'éthyle (9,9), sel monosodique de l'acide isonitroso-cyan-acétique (10,0), éther isonitroso-acétylacétique (9,2). Les résultats obtenus sont, comme on le voit, fort éloignés de 13,7, et cependant les sels de soude ne présentent pas d'hydrolyse sensible. On peut en conclure que la constante d'affinité de ces corps doit varier fortement avec la température. L'optique ayant démontré que l'on est en présence de pseudo-acides[1], la chaleur absorbée, comprise entre trois et cinq calories, est la somme algébrique de la chaleur d'ionisation proprement dite et de la chaleur de transposition du radical négatif en anion. Les auteurs s'occupent de vérifier les résultats en mesurant les conductibilités de ces corps à diverses températures. — M. **J. Minguin** a obtenu le méthylène-camphre :



en soumettant le bromométhylcamphre, préparé par lui récemment, à l'action de la KOH alcoolique. L'oxydation de ce nouveau produit a fourni de l'acide camphorique. L'acide bromhydrique se fixe sur cette molécule avec la plus grande facilité pour redonner le bromométhylcamphre primitif. Comme on devait s'y attendre, le pouvoir rotatoire de ce composé est considérablement plus élevé que celui du dérivé saturé correspondant, le camphre-méthyle. — MM. **J. Minguin** et **Grégoire de Bollemont** ont préparé un certain nombre d'éthers isobornyliques homologues. Ils montrent que le pouvoir rotatoire moléculaire $M_D = \alpha_D \times M$ est constant dans toute la série, comme ils l'ont démontré d'ailleurs avec les éthers bornyliques et camphocarboniques. — M. **E.-E. Blaise** a montré antérieurement que la condensation des éthers des acides gras bromés avec le trioxyméthylène en présence du zinc conduit aux β-oxyacides primaires. Ceux-ci se divisent en deux groupes, qui seront étudiés successivement : les acides α-alcoyl et α-dialcoylhydracryliques. La présente communication est relative aux acides α-dialcoylhydracryliques. Ce travail est fait en collaboration avec M. **Marcilly**. Avec le bromo-isobutyrate d'éthyle, on obtient l'acide oxypivalique fusible à 124°, $CH^2OH.C(CH^3)^2CO^2H$. Par sa fonction alcool, cet acide fournit des éthers sels et des éthers oxydes; il donne, d'autre part, une phényluréthane qui, sous l'influence de la chaleur, perd une molécule d'eau en donnant une chaîne cyclique. Par sa fonction acide, il donne de même des éthers sels et des amides; et il est à remarquer cependant que les corps à fonction amine grasse donnent seuls des amides. Par action de la chaleur, des hydracides, de l'acide sulfurique, l'acide oxypivalique se deshydrate et le corps qu'on obtient dans ces conditions est un polylactide. La propriété de donner des lactides n'est donc pas spécifique des α-oxyacides. L'oxydation totale de l'acide oxypivalique fournit l'acide diméthylmalonique; mais, en oxydant avec précaution son éther éthylique, on obtient l'éther aldéhyde β $CHO.C(CH^3)^2CO^2C^2H^5$. Ce corps est le premier représentant des acides aldéhydes β à fonction aldéhydique vraie. Il se combine au bisulfite de sodium, recolore le réactif de Schiff, réduit le nitrate d'argent ammoniacal et fournit une semi-carbazone. Il bout à 163-164° sous la pression de 746 millimètres. Cet éther aldéhyde est décomposé par les acides étendus à l'ébullition en CO^2 et aldéhyde isobutylique. Les alcalis à froid le dédoublent en partie de cette manière; mais le dédoublement principal dans ce cas fournit de l'acide formique et de l'acide isobutyrique. On voit donc que les éthers aldéhydes β sont très analogues aux éthers β-cétoniques. En condensant l'α-bromo-méthyléthylacétate d'éthyle avec le trioxyméthylène, MM. Blaise et Marcilly ont obtenu l'acide $CH^2OH.C(CH^3)(C^2H^5).CO^2H$, fusible à 56° et qu'ils se proposent de dédoubler en ses composants actifs.

[1] *Bull.*, 1902, t. XXVII, p. 167.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences mathématiques.

J.-H. Jeans : Sur les vibrations et la stabilité d'une planète gravitante. — Dans la première partie du mémoire, l'auteur traite des vibrations et de la stabilité d'une sphère élastique gravitante. La matière qui la compose n'est pas nécessairement homogène, mais elle est disposée en couches sphériques. Il est prouvé que, dans la recherche classique des déplacements produits dans une sphère gravitante par des forces superficielles données, le plus important des termes dus à la gravitation est omis. Cette omission nécessite une correction, et celle-ci peut entièrement infirmer la solution lorsqu'on s'occupe de sphères de la dimension de la Terre ou d'autres planètes.

En effet, il semble que, pour un solide gravitant comme celui qu'on envisage, la configuration sphérique doit être d'un équilibre instable, l'instabilité étant causée par ces termes de gravitation. La vibration par laquelle l'instabilité est introduite est une vibration dans laquelle le déplacement de chaque point est proportionnel à une harmonique du premier ordre. Dans un précédent mémoire sur « la stabilité d'une nébuleuse sphérique »[1], l'auteur a supposé que l'instabilité d'un soleil ou d'une planète nébulaires, qui, d'après l'hypothèse nébulaire, résulte finalement de l'éjection d'un satellite, peut être causée principalement par une tendance gravitationnelle à l'instabilité du genre décrit ci-dessus.

L'auteur prend d'abord une hypothèse extrême et imagine que le facteur gravitationnel est l'agent prépondérant et que la tendance rotationnelle à l'instabilité peut être négligée par comparaison.

Si l'on excepte les changements qui se sont produits depuis la consolidation des planètes, le système solaire fournit matière à prouver les conséquences de cette hypothèse. Lorsqu'un certain nombre de planètes de masses diverses ont rejeté des satellites, on trouve (d'après l'hypothèse extrême) que les masses devaient être proportionnelles aux carrés des rayons.

Le système solaire obéit approximativement à cette loi; on trouve ensuite que les valeurs absolues des masses et des rayons sont à peu près celles que l'on avait supposées.

Il est intéressant de comparer deux hypothèses extrêmes, la première rapportant le phénomène de l'évolution planétaire à la rotation seule, la seconde à l'instabilité gravitationnelle.

Etant données les valeurs approximatives de la densité et de l'élasticité d'une planète et le fait que cette planète a rejeté un satellite, la première hypothèse permet de se faire une idée du moment angulaire du système, la dernière du rayon de la planète.

La première hypothèse ne conduit à aucune conclusion quant au diamètre des planètes (elles peuvent être aussi bien de la dimension des boules de billard que de la grandeur des planètes de notre système), tandis que la dernière hypothèse ne permet pas de conclure au sujet du moment angulaire du système, mais présuppose qu'il est petit.

Le résultat du présent mémoire est que les conclusions tirées de la première hypothèse ne sont pas jus-

[1] *Phil. Trans.*, A, t. CXCIX, p. 1.

tifiées par les observations faites sur les planètes de notre système, tandis que celles qui sont tirées de la dernière hypothèse sont confirmées autant qu'il est possible. L'hypothèse vraie doit nécessairement se placer entre les deux extrêmes qui viennent d'être comparées, mais l'évidence semble montrer qu'elle se rapproche davantage de la dernière (gravitationnelle) que de la première (rotationnelle).

L'auteur s'occupe ensuite d'un certain nombre de questions qui se rapportent à la forme de la Terre.

Il semble presque certain que les constantes élastiques présentes de la Terre sont telles qu'un état de symétrie sphérique équivaudrait à un état d'équilibre stable. D'un autre côté, si l'on remonte dans l'histoire de notre planète, on arrive à une époque où la rigidité était si faible que la configuration d'équilibre stable n'était pas symétrique. A cette époque, la Terre avait la forme d'une poire, et la transition à la forme presque sphérique actuelle a eu lieu par une série de ruptures. L'auteur suppose que la Terre, malgré cette série de ruptures, a encore conservé des traces d'une configuration pyriforme. Une telle configuration possèderait un seul axe de symétrie, et il suppose que cet axe rencontrerait la surface de la Terre dans le voisinage de l'Angleterre (ou peut-être à quelques centaines de milles au sud-ouest de l'Angleterre). En partant de l'Angleterre, on trouve que ce pays est au centre d'un hémisphère qui n'est formé que de terres : ce serait la partie sphérique de la poire. Entourant cet hémisphère, se trouve un grand cercle dont l'Angleterre est le pôle, et c'est sur ce cercle que se produisent le plus fréquemment les tremblements de terre et les volcans. Or, si l'on suppose que la poire se contracte de façon à prendre une forme sphérique, l'on remarque que ce serait probablement dans le voisinage de son équateur que les changements de courbure et les déplacements relatifs seraient les plus grands; aussi doit-on s'attendre à trouver des tremblements de terre et des volcans en plus grand nombre près de ce cercle. Si l'on s'éloigne davantage de l'Angleterre, on arrive à une région de mers profondes : les océans Pacifique, Sud-Atlantique et Indien; ceux-ci marquent la place où se trouvait le col de la poire. Enfin, l'on arrive, presque aux antipodes de l'Angleterre, au continent australien : c'est peut-être le reste de l'extrémité pointue de la poire.

2° Sciences physiques.

Sir W. Roberts-Austen et **T. K. Rose : Sur certaines propriétés des alliages d'or et d'argent.** — C'est en 1527, l'année après la première introduction du titre 916,6, que l'on fit la première épreuve en plaque pour la monnaie d'or. Cette plaque ne contenait que 6,2 parties °/₀ de cuivre, et fut considérée probablement comme ne contenant que de l'or et de l'argent. Toutes les plaques qui furent faites ensuite jusqu'en 1829 ont contenu une beaucoup plus grande quantité de cuivre.

En 1873, on décida de substituer exclusivement le cuivre à l'argent comme métal allié; mais, à cette époque, Sir W. C. Roberts-Austen exprima quelques doutes sur l'uniformité de la composition des plaques composées de cuivre et d'or, et il proposa d'employer des plaques d'essai d'or pur.

Cependant, cette méthode de procéder présente des objections, et la loi prescrivant l'emploi de plaques étalons n'a pas été modifiée.

En 1900, les auteurs de ce mémoire ont montré que, comme on l'avait craint, les alliages de cuivre et d'or ne sont pas homogènes[1]; ils firent alors des expériences sur les alliages d'or et d'argent. Ils prirent les courbes de refroidissement des alliages au moyen du pyromètre enregistreur de Roberts-Austen; tous les alliages se solidifièrent sans passer par un état pâteux, et l'on n'observa aucune trace d'alliage eutectique.

[1] *Roy. Soc. Proc.*, vol. I, XLVII, 1900, p. 105.

Les premières additions d'argent à l'or n'abaissent pas son point de solidification, et la courbe du point de congélation est horizontale en passant de l'or pur à l'alliage contenant 50 atomes d'argent pour 50 d'or. A la suite de nouvelles additions d'argent, il se produit une chute croissante dans le point de fusion jusqu'à ce que le point le plus bas soit atteint pour l'argent pur. Il n'y a, par conséquent, aucune raison pour supposer que, lorsqu'on fait refroidir des alliages riches en or à l'état liquide, la première partie du métal solidifié aura une composition différente de la liqueur mère.

Tous les alliages se composent de gros grains, formés de minuscules cristaux secondaires. On a fait chauffer pendant deux mois un lingot composé de 916,6 parties d'or et 83,3 parties d'argent, dans un four à recuire à une faible chaleur rouge; quoique la taille des cristaux ait augmenté d'une façon considérable, on n'a pu découvrir aucune vraie ségrégation dans le lingot, soit après épreuve, soit à l'aide du microscope.

Après analyse, on a trouvé que des plaques préparées en laminant des lingots du titre le plus fin avaient une composition uniforme, et elles ont été employées pendant l'année 1902 comme contrôle dans l'essai des barres étalons et de la monnaie.

A cause de la grande précision avec laquelle les opérations de monnayage doivent être conduites, ce travail est de la plus grande importance.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 23 *Janvier* 1903.

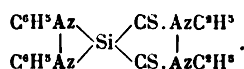
M. W.-H. Derriman décrit une table oscillante pour déterminer les moments d'inertie. L'appareil consiste en une table en bois circulaire, suspendue au moyen d'un fil. Une pointe est placée au-dessous de la table en son centre, juste en face d'une autre pointe fixe. Sur le dessus de la table, on a creusé une rainure circulaire, dans laquelle glissent des morceaux de plomb, formant ensemble la moitié d'un anneau. Le corps dont on recherche le moment d'inertie est placé sur la table et l'on déplace les poids en plomb jusqu'à ce que les deux pointes soient vis-à-vis l'une de l'autre. La table oscille donc toujours autour du même axe et, comme les poids en plomb sont à une distance fixe de cet axe, le moment d'inertie de la table reste constant. — **M. Skinner** décrit un autre modèle de balance d'inertie. — **M. L.-R. Wilberforce** montre que les relations réciproques bien connues entre les parties d'un réseau conducteur peuvent être établies sans faire appel aux propriétés des déterminants. Le fait qu'il n'y a pas d'accumulation continue d'électricité en un point quelconque donne une série d'équations d'un certain type, et l'application de la loi d'Ohm à chaque branche du réseau donne une série d'un autre type. Ecrivant ces équations pour deux séries différentes de courants externes et de forces électromotrices internes, l'auteur en tire une équation générale, dont les relations réciproques ordinaires ne sont qu'un cas particulier. — **M. G.-W. Walker** a étudié un électromètre à cadrans très sensible de Bartels et a trouvé une sensibilité maximum lorsque le potentiel de l'aiguille est d'environ 100 volts; la sensibilité semble ensuite diminuer lorsqu'on augmente le potentiel de l'aiguille, au moins jusqu'à des voltages très élevés. L'auteur a revisé la formule ordinaire de l'électromètre à cadrans; il est arrivé à une formule pratiquement identique à la formule empirique de Hopkinson et qui représente exactement les résultats qu'il a obtenus avec l'électromètre de Bartels.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

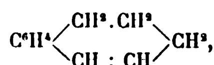
Séance du 21 *Janvier* 1903.

M. J. Emerson-Reynolds, en faisant réagir en solution benzénique la silicophénylamide sur l'éthylthio-

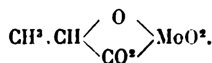
carbimide, a obtenu deux composés d'addition, Si $(AzHC^6H^5)^4$, $2C^6H^5AzCS$ et Si $(AzHC^6H^5)^4$, C^6H^5AzCS, cristallisant en fines aiguilles. Si la réaction a lieu en tube scellé à 160°, en l'absence de solvant, il se forme un liquide visqueux qui est un composé d'addition de silicodiphénylimide et de thiocarbamide disubstituée Si $(AzC^6H^5)^2$, $2CSAz^2H^2.C^6H^5.C^6H^5$. En présence d'un excès de thiocarbimide, il se forme aussi un liquide visqueux non homogène, qui paraît contenir un composé de la forme :



— MM. **J.-J. Dobbie** et **A. Lauder** ont constaté que les alcaloïdes qui diffèrent essentiellement au point de vue structural, même lorsque leur formule moléculaire est identique, donnent des spectres d'absorption différents, tandis que les alcaloïdes qui ont une structure analogue fournissent des spectres semblables et quelquefois même impossibles à distinguer. Ces propriétés sont précieuses pour déterminer les relations de structure entre les divers alcaloïdes. Les auteurs appliquent ces considérations à la laudanine $C^{20}H^{25}O^4Az$ et à la laudanosine $C^{21}H^{27}O^4Az$, dont les spectres sont pratiquement identiques et ressemblent, en outre, beaucoup aux spectres de la corydaline et de la tétrahydropapavérine. La laudanine et la laudanosine sont donc deux corps homologues, de structure semblable à celle des deux autres alcaloïdes. La laudanosine paraît contenir un groupe CH^2 de moins que la corydaline et de deux H en plus, par suite de la réduction partielle d'un de ses noyaux. — MM. **F.-S. Kipping** et **A.-E. Hunter**, en chauffant à 240° le chlorhydrate sec de phéno-α-aminocycloheptène, ont obtenu AzH^4Cl et du phénocycloheptène :



homologue du phénylcyclopentène ou indène. C'est un liquide incolore, Eb. 233,5-234°. Il est oxydé par le permanganate de potasse en acide phénylbutyrique-*o*-carboxylique, dimorphe. — MM. **G.-G. Henderson** et **J. Prentice** ont constaté que les trioxydes de molybdène et de tungstène sont dissous par une solution chaude de *l*-lactate de potassium; dans chaque cas, la rotation spécifique augmente avec la quantité d'oxyde en solution jusqu'à un maximum correspondant à une proportion de 2 molécules de lactate pour une molécule d'oxyde. Il s'est donc formé un molybdilactate et un tungstilactate $RO^2(C^3H^4O^3K)^2$. On observe les mêmes faits lorsqu'on dissout un molybdate ou un tungstate dans l'acide *l*-lactique. Lorsqu'on dissout le trioxyde de molybdène dans l'acide *l*-lactique, la rotation augmente également et atteint un maximum quand les deux corps sont en même proportion moléculaire; il se forme probablement un composé :



— MM. **T.-E. Thorpe** et **J. Holmes** décrivent une méthode pour déterminer l'alcool éthylique dans les essences et les préparations médicinales qui contiennent des huiles essentielles et des substances volatiles comme l'éther, le chloroforme, le camphre, etc. — M. **T.-E. Thorpe** a trouvé qu'un bec Bunsen, alimenté par du gaz d'éclairage à raison de six pieds cubes par heure et sous une pression de 0,95 pouce, dégage environ 0,022 pied cube d'oxyde de carbone lorsqu'il brûle sous un bain de sable de telle manière que le cône intérieur de la flamme touche le métal. — MM. **W.-H. Perkin** et **E. Schiess** ont préparé le diméthyl-β-résorcylate de méthyle par l'action du sulfate de méthyle et de la potasse sur l'acide β-résorcylique. L'éther éthylique correspondant, traité par l'acétophénone en présence de sodium, fournit la 2:4-diméthoxybenzoylacétophénone, F. 55°. Par l'action de l'acétate de soude et de l'anhydride acétique sur la diméthylrésorcylaldéhyde, les auteurs ont obtenu la modification β de l'acide 2:4-diméthoxycinnamique, F. 184°. On obtient l'acide 3:4-diméthoxycinnamique, F. 180°, en traitant de la même manière la diméthylcatécholaldéhyde.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 19 Décembre 1902.

M. **W. H. Teas** communique le résultat de ses recherches sur l'analyse des matières tannantes, spécialement en ce qui concerne la meilleure manière de filtrer les solutions tannantes avant l'analyse et la meilleure méthode de détermination des acides. L'auteur pense que, dans la généralité des cas, on peut se servir d'un papier filtre simple au lieu d'un papier double, pourvu toutefois que le filtrat soit parfaitement clair. Pour la détermination de l'acidité, les méthodes au charbon paraissent suffisamment exactes.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 9 Janvier 1903.

M. **J. Stark** a fait de nombreuses mesures de la chute cathodique anormale du courant qui produit la lueur dans les tubes à vide. Pour une pression gazeuse constante, la densité normale de courant à la cathode s'abaisse quand la température s'élève. La chute cathodique normale est indépendante de la température; la chute anormale augmente quand la température de la cathode s'élève. Par l'échauffement de la cathode, le courant augmente de lui-même la chute cathodique; le rapport entre la chute cathodique et l'intensité du courant n'est pas linéaire. — M. **L. Zehnder**, en faisant tomber sur une plaque photographique sèche l'image d'un objet placé sur le trajet d'un faisceau de rayons cathodiques, puis en laissant ensuite la lumière agir sur toute la surface de la plaque, a observé au développement que les parties impressionnées par les rayons cathodiques étaient plus claires que le reste de la plaque, ce qui rappelle les phénomènes de la solarisation. D'autre part, les rayons cathodiques agissent sur le papier sensible (papier à la celloïdine) en le colorant en brun; le papier ainsi impressionné est devenu insensible à l'action de la lumière, sauf dans les parties non touchées par les rayons cathodiques, qui se colorent alors très fortement par la lumière. — M. **A. Wehnelt** emploie le tube de Braun pour la déviation électrostatique des rayons cathodiques et décrit les modifications qu'il a dû y apporter pour réaliser des potentiels de décharge de 5.000 à 10.000 volts. — M. **Th. Gross** a réalisé l'expérience suivante: Un vase de verre parallélipipédique est rempli d'une solution concentrée de sulfate de cuivre; sur les deux petits côtés opposés plongent deux fils de cuivre, servant d'électrodes, réunis par un multiplicateur à 12.000 enroulements entourant une paire d'aiguilles astatique. On prend une plaque de zinc un peu plus haute que le vase et un peu plus étroite que sa section transversale et on la place, perpendiculairement à la longueur du récipient, à deux centimètres environ d'une des électrodes. On remarque alors que du cuivre se dépose sur le zinc et qu'un courant durable, produisant une déviation moyenne de 10°, s'établit dans le liquide en allant de l'électrode la plus rapprochée de la plaque de zinc à la plus éloignée. Si l'on enlève la plaque de zinc et qu'on la replonge près de l'autre électrode, le courant va toujours de l'électrode la plus proche à la

plus éloignée; il change donc de sens. Lorsque la plaque de zinc est isolée sur une de ses faces en la recouvrant d'un isolant, on obtient des courants plus forts et plus réguliers. Ces courants doivent être considérés comme des courants électrolytiques réels. Les expériences de l'auteur montrent que l'équivalent de l'énergie de courant observée ne provient ni de différences chimiques ou de concentration du conducteur, ni d'action calorifique. L'auteur conclut que l'équivalent de cette énergie réside dans la force active du mouvement moléculaire chimique qui se produit, indépendamment du courant, par le dépôt du cuivre et la dissolution du zinc, mouvement qui est inégal pour les deux électrodes. L'auteur nomme ce phénomène *induction moléculaire*. — M. **H. Starke** présente ses recherches sur la déviabilité magnétique et électrique des rayons cathodiques réfléchis ou transmis par une lame métallique mince[1]. — MM. **O. Lummer** et **E. Pringsheim** rappellent que les méthodes ordinaires de la thermométrie se heurtent à de grosses difficultés pour les hautes températures et ils proposent de déterminer ces dernières en s'appuyant sur les lois qui relient le rayonnement du corps noir à sa température. Pour cela, ils ont déterminé la température du corps noir d'après les diverses méthodes connues : avec le bolomètre à surface, le bolomètre spectral et le photomètre spectral. Les résultats obtenus concordent si bien qu'on peut admettre que la validité des lois du rayonnement est acquise jusqu'à 2.300° absolus. Nous possédons là la base d'une nouvelle échelle de température absolue, comme l'échelle thermodynamique, car le rayonnement du corps noir ne dépend pas de la nature de la substance.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 4 Décembre 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. **F.-J. Obenrauch** : La première courbe plane de troisième ordre de Platon. — M. **F. Müller** : Contribution à la loi de l'attraction des masses.

2° Sciences physiques. — M. **W. Pauli**, étudiant les modifications d'état physique des colloïdes organiques, a recherché l'action des sels des métaux alcalins sur la précipitation des albuminoïdes. Il trouve qu'à côté de sels précipitant l'albumine (tous les fluorures et sulfates), il y en a d'indifférents ou même qui empêchent cette précipitation, l'action de l'anion surpassant celle du cathion métallique (bromures et sulfocyanures). L'auteur applique ces faits aux phénomènes qui se passent dans l'organisme. — M. **W. Subak**, en condensant la *m*-éthoxybenzaldéhyde avec l'isobutyraldéhyde, a obtenu en présence de K^2CO^3 l'aldol $C^{13}H^{18}O^3$ et, en présence de KOH alcoolique, le glycol $C^{13}H^{20}O^3$. Par réduction, l'aldol peut se transformer en glycol. — MM. **J. Mayrhofer** et **K. Nemeth** ont condensé la benzaldéhyde avec l'acide malique en présence de pyridine ou de pipéridine et ont obtenu l'acide β-benzoylpropionique, qui peut être réduit en phénylbutyrolactone. De la même façon, l'acide citrique se condense avec la benzaldéhyde en un acide tribasique $C^{20}H^{18}O^6$.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Geyer** communique la suite de ses recherches géologiques pendant le percement du tunnel de Bosruck. — M. **R. Hœrnes** adresse un Rapport sur le tremblement de terre qui a eu lieu le 5 juillet aux environs de Salonique.

Séance du 11 Décembre 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. **R. Daublebsky von Sterneck** : Un analogue de la théorie additive des nombres.

[1] Ces recherches seront exposées en détail dans la chronique d'un des prochains numéros de la *Revue*.

2° Sciences physiques. — M. **J. Hann** conclut, d'observations anémométriques faites sur les sommets de l'Obir, du Sonnblick, du Sentis et du Pikes Peak, que la direction moyenne du vent tourne régulièrement, dans le cours de la journée, avec le Soleil. L'auteur a trouvé, d'autre part, une oscillation des masses d'air de période semi-diurne sur les sommets de 2.000 à 4.000 mètres, qui est en rapport avec l'oscillation régulière diurne du baromètre.

3° Sciences naturelles. — M. **F. Steindachner** décrit deux espèces nouvelles de Poissons de la Mer Rouge : le *Cynoglossus Pottii* et le *Beanea trivittata*. — Mlle **F. Ott** a reconnu qu'on peut établir une distinction très tranchée entre les deux genres *Trichomanes* et *Hymenophyllum* au moyen de la structure du faisceau conducteur de leur rhizome. — Mlle **J. Veprek** a étudié au point de vue anatomique le bois madré. La madrure est une formation, soit tératologique, soit pathologique; elle est caractérisée par une énorme hypertrophie du tissu parenchymateux. — M. **A. Nalepa** décrit deux nouvelles espèces d'insectes producteurs de galles : l'*Eriophyes violae* et l'*Eriophyes sonchi*. — M. **F. Berwer** communique la suite des recherches géologiques faites pendant le percement du tunnel de Tauern.

Séance du 18 Décembre 1902.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Boltzmann** a recherché la forme des termes à ajouter aux équations de Lagrange pour les rendre valables dans le cas des coordonnées généralisées non holonomes.

2° Sciences physiques. — M. **A. von Lenz**, en faisant réagir une petite quantité de KOH alcoolique sur la méthyléthylacroléine, a obtenu un éther $C^{12}H^{20}O^2$; avec un excès de KOH, on obtient les produits de saponification de cet éther, le glycol $C^{12}H^{22}O^3$ et l'acide méthyléthylacrylique $C^6H^{10}O^2$; enfin, avec des proportions moyennes, on obtient l'éther, l'acide et le glycol ensemble. Par action de l'acide sulfurique dilué sur le glycol, on obtient un corps $C^{12}H^{20}O$, qui est une cétone ou un oxyde-1:4. — M. **R. Zwerger** a constaté que le brome n'agit pas de la même façon sur la cinchonine et sur ses isomères : l'α et la β-i-cinchonine et l'allocinchonine; avec la première, il donne un produit d'addition bibromé; avec les autres, il donne des perbromures ou il est sans action. L'allocinchonine, toutefois, peut additionner HBr qui se forme au cours de la réaction. — M. **F. von Hemmelmayr** indique de meilleurs procédés de séparation pour l'ononine et l'ononétine qui en dérive par dédoublement. L'ononétine, traitée par l'anhydride acétique, fournit un dérivé tétracétylé et le dérivé diacétylé d'une combinaison qui diffère de l'ononétine par une molécule d'eau en moins. La formononétine, traitée par le méthylate de Na et l'iodure de méthyle en tube scellé, donne un dérivé méthylé, qui est décomposé par la potasse en acide formique et méthylononétine; ce corps contient encore trois hydroxyles. Fondue avec la potasse, la formononétine fournit, entre autres, de l'acide β-résorcylique. La molécule d'ononine contient donc deux hydroxyles en position méta et une chaîne latérale.

3° Sciences naturelles. — M. **C. Doelter** présente la première partie d'un travail sur le Monzoni et ses roches; il distingue des roches de profondeur et des roches filoniennes, et décrit les types les plus importants.

Louis Brunet.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 5 15 MARS 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Structure de l'écorce lunaire. — L'examen détaillé du VIe fascicule de l'*Atlas photographique de la Lune* conduit MM. Lœwy et Puiseux à une conclusion d'actualité, qui nous paraît intéressante à rapporter ici :

Une catastrophe encore présente à toutes les mémoires a vivement rappelé l'attention publique sur les manifestations redoutables de l'activité intérieure des planètes. Si tragiques qu'aient été ses conséquences, l'éruption de la Montagne Pelée n'a pas égalé, par la masse des cendres émises, l'explosion du Krakatoa en 1883, celle du Coseguina en 1835, celle du Timboro en 1815. Dans ces deux derniers cas, une couche épaisse de débris a recouvert un espace plus vaste que la France ou l'Allemagne. La plus grande partie, il est vrai, a été absorbée par la mer, le reste assez promptement balayé par les pluies torrentielles de la région tropicale. L'étude de la surface de la Lune amène MM. Lœwy et Puiseux à penser que des éruptions tout aussi intenses, issues d'un même centre, s'y sont répétées à de longs intervalles. Favorisées par un régime de calme et de sécheresse, elles ont été plus durables dans leurs effets, et les auréoles les plus récentes, superposées aux premières, s'en distinguent par une teinte plus sombre et un périmètre moins étendu.

Il est juste de rapprocher de ce fait le suivant : le relief lunaire paraît accuser un refroidissement superficiel plus rapide que celui qui serait dû à la déperdition du calorique interne.

La Nova de Persée. — M. J. B. Morelli revient sur les hypothèses relatives à la lumière de la Nova de Persée et adresse à la Société Astronomique de France une Note dont voici l'essentiel :

« Supposons une lumière rayonnant d'un centre et illuminant un milieu cosmique homogène. Il en résultera l'apparence d'une sphère pleine; dont le rayon sera représenté par la vitesse de la lumière multipliée par le temps écoulé depuis le commencement de la lumière. Dans le cas où cette dernière se serait éteinte, il y aura, au centre de la sphère lumineuse, un espace obscur dont la grandeur ira en augmentant. Maintenant, si nous supposons des formations plus visibles dans l'espace parcouru par la lumière, par exemple les bandes de nébulosité qu'on voit autour de la Nova de Persée, la propagation de la lumière pourrait bien expliquer l'extension de la limite extérieure de ces bandes de nébulosité. Mais on ne peut expliquer la projection parallèle du bord intérieur, dans le cas (vrai pour la Nova) où la lumière n'est pas éteinte, ce qui est surabondamment prouvé par l'existence de quelques bandes de nébulosité plus intérieures encore.

« Donc, dans le cas de la Nova de Persée, le déplacement concordant du bord interne et du bord externe des nébulosités prouve qu'il y a mouvement de masse, et non simple apparence ».

La conclusion, certainement, n'est pas absolue : elle ne s'impose pas. D'autre part, il ne faut pas trop s'arrêter aux grandes vitesses que l'on supposerait de la sorte : les phénomènes des tubes de Crookes nous y ont accoutumés, sans compter que le vide et la nature de la décharge peuvent être tout autres. Et, par ailleurs, on peut trouver une confirmation de cette conclusion dans les réfractions irrégulières observées pour les radiations photogéniques de la Nova.

Il faut rapprocher cela du travail de Miss A. M. Clerke, critique approfondie des explications qui font intervenir des explosions, ou le choc de deux corps, ou des effets de pression, car il est probable que les variations de P. Cygne, β Lyre, η Carène sont dues, au fond, à des causes analogues agissant avec plus ou moins de rapidité. La Nova reste donc une énigme.

§ 2. — Génie civil

La compression de l'acier par tréfilage. — A la dernière réunion de l'*Iron and Steel Institute* à Dusseldorf, on s'est beaucoup entretenu du procédé Harmet, qui a pour but de soumettre les lingots d'acier encore liquides à un genre de compression très distinct de celui pratiqué par Whitworth. On sait que cette dernière méthode, adoptée il y a quelques années par les Etablissements du Creusot, consiste à faire passer sous une presse la lingotière qui vient d'être remplie et à y refouler le métal de haut en bas, verticalement et aussi profondément que possible. Pour bien apprécier la différence des deux procédés, il est nécessaire de rappeler

quelques considérations générales sur la coulée des lingots.

L'acier liquide, dès qu'il est versé au contact de la fonte froide, se solidifie rapidement en formant une croûte superficielle qui augmente peu à peu d'épaisseur et qui constitue, par suite, une sorte de vase contenant le métal encore liquide. La surface de ce vase, par suite du retrait, s'écarte légèrement des parois de la lingotière. Quant au contenu encore fluide, il subit peu à peu un retrait, qui est plus prononcé que le précédent puisqu'il n'est pas limité : il en résulte, dans toute la masse intérieure du métal, la formation de vides très appréciables, bientôt remplis par suite de l'écoulement des couches liquides supérieures, et, finalement, au sommet du lingot refroidi il reste une vaste poche, que l'on désigne généralement sous le nom de *retassure*. Ce manque de métal, très apparent, se prolonge sur toute la hauteur dans l'axe du lingot, sous un aspect moins visible, il est vrai, mais que le microscope décèle parfaitement. Il est facile de s'en rendre compte en imaginant une ligne horizontale A B traversant diamétralement le bas du lingot, les points A et B appartenant à sa surface. Ces points, au moment de la coulée, étaient un peu plus éloignés l'un de l'autre et au contact de la lingotière : ils ont suivi le retrait de l'enveloppe extérieure pour se fixer d'une façon immuable en A et B, jusqu'au moment du démoulage, opération qui s'effectue à la température d'environ 700°. Quant au métal liquide compris entre A et B, il passe successivement de 1.500 à 700° en subissant son retrait pour ainsi dire sur lui-même, puisque les points A et B extérieurs restent fixes; il devra donc se fendiller et se craqueler dans l'intervalle compris entre ces deux points.

D'autres défauts se produisent encore lors du refroidissement d'un lingot d'acier : ce sont la cristallisation, qui, par ses clivages, crée de nombreux points faibles dans la masse du métal, et la liquation, c'est-à-dire la disjonction des divers métalloïdes unis au fer, et en particulier du carbone, qui a toujours tendance à se concentrer vers le haut.

On a employé, jusqu'ici, plusieurs moyens pour remédier à ces imperfections. D'abord, tout en abandonnant l'acier à lui-même pendant la solidification, on surmonte le lingot d'une masselotte, ou, en d'autres termes, on ménage à la partie supérieure de la lingotière un réservoir garni de terre réfractaire, qui conserve longtemps l'acier liquide et lui permet d'abreuver les vides du lingot. On arrive ainsi non à supprimer, mais à relever la poche de retassement. Toutefois, cette disposition présente l'inconvénient de favoriser la liquation ainsi que la grosse cristallisation, sans modifier en rien la cause de formation des fentes et tensions intérieures au cours de la solidification. Avec le procédé Whitworth, on exerce une pression verticale de haut en bas sur la partie supérieure du lingot aussitôt après la coulée; mais il se trouve que cette pression, si énergique qu'elle soit, ne se fait sentir que sur l'extérieur du lingot, qui se solidifie très rapidement et forme comme une colonne rigide s'opposant à la transmission de l'effort sur la partie centrale. Le centre du lingot reste creux; la retassure y est plus ou moins refoulée; les craquellements et tensions dans l'axe sont même accentués, puisque les points A et B de tout à l'heure s'écartent l'un de l'autre par suite du renflement de la colonne; enfin, la cristallisation et la liquation ont le champ absolument libre. Ce procédé de compression, pour ainsi dire statique, ne peut donc guère convenir qu'à la préparation des lingots destinés à être forgés en pièces creuses.

Au contraire, la méthode de M. Harmet, qui comprime le métal par tréfilage et, par conséquent, d'une façon dynamique, est basée sur la préoccupation de s'opposer à la formation de tous les défauts que nous avons décrits et qui procèdent de deux causes : le retrait et la lenteur du refroidissement. Au lieu de laisser immuable la distance qui sépare les points A et B, c'est-à-dire au lieu d'abandonner à elle-même la première enveloppe du lingot dont nous avons vu la formation, on oblige cette enveloppe à se restreindre sur la masse centrale. Pour cela, le métal est coulé dans une lingotière tronconique s'évasant vers la base, et la pression s'exerce de bas en haut sur la partie inférieure du lingot. La vitesse donnée au piston est telle que la masse du métal est serrée sur les côtés plus vite qu'elle ne diminue de volume par suite du retrait. En même temps, la tête du lingot s'avance progressivement dans une partie froide de la lingotière : ce véritable tréfilage précipite donc la durée du refroidissement et ne laisse plus à la liquation et à la cristallisation autant de facilités pour se produire.

Les nombreux résultats pratiques obtenus dans la Loire grâce à la compression par tréfilage ont vivement intéressé les métallurgistes, et déjà plusieurs usines anglaises sont en train de s'installer pour traiter leurs lingots par la méthode Harmet. Nous sommes heureux de constater que ce procédé, qui a beaucoup de chances de se généraliser dans toutes les grandes aciéries, porte un nom français. **E. D.**

§ 3. — Physique

La notion d'entropie. — Parmi les notions fondamentales de la Physique théorique, il y en a une dont la vraie nature est loin d'être universellement comprise ; c'est la notion d'*entropie*. Bien que la science se serve couramment de ce terme depuis un demi-siècle, il y a toujours des divergences d'opinion quant à sa signification et au rôle qu'il faut attribuer à ce facteur dans les phénomènes naturels.

Une intéressante polémique se poursuit, en ce moment, dans certains périodiques anglais, polémique suscitée par un Mémoire relatif à la notion d'entropie que M. S. Swinburne vient de présenter à la Société de Physique de Londres ; nous résumerons brièvement les idées de ce savant, d'après un travail récemment paru dans la revue londonienne *Electrical Review*[1].

Les traités de Physique et même de Thermodynamique se limitent, le plus souvent, à définir l'entropie pour le cas des cycles réversibles, qui ne sont jamais réalisés dans la Nature. On sait que l'on fait généralement une distinction entre les formes élevées de l'énergie (énergies mécanique, électrique, magnétique et chimique) et sa forme dégradée, la chaleur. Lorsqu'on transforme l'une quelconque des formes élevées en une autre, une certaine portion d'énergie, passant à l'état de chaleur, est toujours dégradée et se perd, portion qu'on peut, à la vérité, réduire à volonté. L'énergie, à l'état élevé, peut, au contraire, être intégralement transformée en chaleur.

La chaleur est, d'autre part, susceptible d'être convertie en une forme élevée d'énergie, à une portion près, qui pourra être négligeable. Mais, pour obtenir ce résultat, il faut modifier l'état d'un corps, qui ne pourra être ramené à son état primitif qu'aux frais d'une certaine quantité d'énergie dégradée en chaleur. Dans le cas classique, par exemple, d'un cylindre rempli d'un gaz parfait et où se meut un piston, le gaz rend, en échange de la chaleur absorbée, un montant sensiblement équivalent d'énergie élevée, abstraction faite des frottements. Mais le gaz est, à la fin de cette opération, dans des conditions différentes, son volume étant plus grand et sa pression moindre, et, pour le ramener à son état initial, il faut le comprimer en dégageant de la chaleur. Si l'on veut employer ce gaz à transformer continuellement de la chaleur en travail mécanique, il faudra, on le voit, alternativement lui fournir de la chaleur et lui en retirer. Or, il se pose cette question : Entre la chaleur changée en travail mécanique et le travail dégradé en chaleur, existe-t-il une relation ? Clausius constata qu'il y a une quantité qui, dans ces cycles réversibles, reprend sa valeur ini-

[1] *Electrical Review*, n° 1311, 1903.

tiale et à laquelle il donna le nom d'*entropie*; c'est le quotient de la chaleur par la température absolue. Si l'état primitif du gaz correspond au zéro d'entropie, le gaz dilaté est affecté de l'entropie φ, comme d'une marque indiquant que, pour être ramené à son état initial, il devra être purgé de cette quantité.

L'entropie, compensée dans le cas idéal d'un cycle *réversible*, est, au contraire, irréductible et *s'accroît* constamment dans tous les cycles *réels*. On peut exprimer cette loi en disant qu'un corps ne peut fournir de chaleur qu'à un corps d'une température inférieure. Dans le cas contraire, en effet, l'entropie du corps perdant de la chaleur s'accroîtrait moins que celle du corps en recevant et il y aurait une perte d'entropie.

Cette définition de l'entropie ne regarde pourtant que la valeur *numérique* de cette grandeur dans un cas déterminé; l'entropie, comme le fait judicieusement remarquer l'auteur, n'est point un facteur de la chaleur. Si, par exemple, ce même gaz dont il a été question s'était dilaté au même volume dans le vide, il n'y aurait point d'absorption de chaleur, et pourtant l'entropie aurait pris la même valeur φ, car, pour réduire le gaz au volume primitif, il faudrait dégrader en chaleur la même quantité d'énergie. L'entropie d'un corps dépend donc, non point de la manière dont une certaine modification de son état a été opérée, mais uniquement de son état. L'entropie n'a rien à faire avec la chaleur absorbée pendant une modification donnée, si ce n'est qu'elle est numériquement égale à $\int dH/\theta$, pour le cas idéal d'un cycle réversible, et supérieure à cette quantité, pour les cycles réels, s'il y a dépense de travail, inférieure, si du travail est gagné.

La Nature, on le voit, tâche d'accroître sans cesse son fonds d'entropie; mais, si la dégradation de travail en chaleur est une des formes sous lesquelles ce résultat est obtenu, ce n'est point — et c'est là le point le plus important de ce travail — la seule forme possible, comme le montre la diffusion d'un gaz dans le vide.

L'importance de cette loi est évidente, surtout dans ses applications à la Chimie. Tandis qu'autrefois l'on supposait qu'il y a production de chaleur dans tous les processus chimiques, on n'a appris à vraiment comprendre le mécanisme des réactions que du jour où Massieu, Rayleigh, Gibbs et Helmholtz leur appliquèrent la loi de Clausius-Kelvin.

Méthode pour rendre visibles les particules ultra-microscopiques. — Dans un numéro récent des *Annalen der Physik*, MM. H. Siedentopf et R. Zsigmondy publient une intéressante étude sur les particules dites ultra-microscopiques, c'est-à-dire d'une petitesse telle que le microscope est incapable de les déceler. Les auteurs font remarquer que, pourvu qu'on renonce à produire des *images conformes*, il est possible de rendre visibles à l'œil des corps dont les dimensions restent bien en dessous des limites de petitesse définies par MM. Abbe et Helmholtz. La condition à remplir, c'est que le produit de l'intensité spécifique par la surface des particules lumineuses et le carré du sinus de l'angle lumineux effectif soit supérieur à la limite inférieure de la sensibilité de l'œil. Comme, en général, les particules dont il s'agit de démontrer l'existence par un procédé optique ne sont pas auto-lumineuses au degré voulu, les auteurs ont recours à un éclairage artificiel tel que l'axe du cône éclairant soit perpendiculaire à l'axe du cône de diffraction des particules. Ce procédé présente une certaine analogie avec ce que l'on observe quand les particules de poussière suspendues en l'air, dans une salle close, deviennent visibles, dès qu'un faisceau de rayons du Soleil pénètre dans la salle obscure, à travers une fente, l'œil observant regardant les particules éclairées suivant un plan sensiblement perpendiculaire aux rayons.

MM. Siedentopf et Zsigmondy évaluent à 36 $(\mu\mu)^2$ la limite inférieure des surfaces qu'il est possible de rendre visibles à l'œil, limite dont le dispositif des auteurs permet de s'approcher d'assez près. Il sera donc impossible de rendre directement visibles les particules individuelles de l'ordre de grandeur attribué aux molécules moyennes (soit environ 0,6 μμ), tandis que les ensembles moléculaires pourront, dans certaines circonstances, très bien être accessibles à l'œil. C'est ainsi qu'on peut rendre visibles les molécules des matières fluorescentes, pourvu qu'on dispose de substances d'une fluorescence assez forte et d'une source lumineuse assez intense.

Les auteurs indiquent, de plus, une méthode pour apprécier la grandeur des particules intermédiaires entre les longueurs d'onde de la lumière et les dimensions moléculaires, méthode revenant à rendre les particules visibles par un éclairage latéral et à déterminer le nombre de particules renfermé dans un volume donné, la masse totale étant connue.

Ces méthodes sont appliquées, sans succès direct d'ailleurs, à étudier les relations qui existent entre la couleur et la grandeur des particules d'or suspendues dans les verres rubis. Il paraît que certains verres rubis, ainsi que les solutions d'or colloïdal, renferment des particules d'or, à coloration rouge, plus petites que les particules les plus petites que cette méthode permette de rendre visibles.

Déviabilité des rayons cathodiques réfléchis ou transmis par une lame métallique mince. — On a souvent étudié les modifications que subissent les déviabilités magnétique et électrique des rayons cathodiques, lorsqu'on fait franchir à ces derniers des lames métalliques minces ou qu'on les réfléchit sur une surface métallique, et de récentes recherches ont fait voir que les rayons déviés présentent une hétérogénéité considérable.

Or, ces modifications spécifiques peuvent, suivant la théorie d'émission, être dues, soit à une altération de la vitesse des particules projetées, soit à une variation du quotient $\frac{e}{m}$ de la charge par la masse. M. H. Starke, dans un travail récemment présenté à la *Société Allemande de Physique*, tâche d'établir lequel de ces deux facteurs se trouve altéré par la réflexion ou la transmission précitées.

L'auteur se sert d'une méthode prônée par M. V. Kaufmann, qui l'a appliquée à des mesures analogues sur les rayons de Becquerel, méthode revenant à produire simultanément, et suivant des directions perpendiculaires, les déviations électrique et magnétique. Si le faisceau dévié était constitué par un rayonnement homogène, il produirait, sur une plaque photographique, une tache nette, tel le faisceau non dévié. Comme, toutefois, en raison des modifications différentes pour chaque espèce de rayons, le faisceau dévié présente une notable hétérogénéité, on observera, au lieu d'une tache nette, une certaine courbe dont l'allure permettra de calculer le quotient $\frac{e}{m}$ et la vitesse des rayons. On simplifie les mesures en intervertissant le champ électrique et, par là, le sens de la déviation. Les courbes sont mesurées à l'aide du compas et d'une règle soigneusement graduée.

Il résulte des expériences de l'auteur que le quotient $\frac{e}{m}$ des rayons cathodiques n'est point altéré par les deux effets en question. L'hétérogénéité observée provient donc uniquement des altérations que subit la vitesse. C'est pour cela que les courbes photographiques se rapprochent de paraboles; si elles ne sont pas des paraboles rigoureuses (auquel cas le quotient du carré de la déviation magnétique par la déviation électrique serait une constante), c'est que les deux déviations exercent, l'une sur l'autre, une influence mutuelle, faible à la vérité.

§ 4. — Électricité industrielle

Lampes et redresseurs de courant Cooper Hewitt. — Par de longues recherches poursuivies depuis plusieurs années aux Etat-Unis, M. Peter Cooper Hewitt a établi qu'on pouvait, par l'emploi de vapeur de mercure, réaliser des lampes électriques à incandescence de consommation très réduite. Non seulement ces lampes sont intéressantes par leur faible consommation, mais encore par la facilité avec laquelle on peut réaliser par elles des foyers d'intensités les plus variables et s'adaptant aux réseaux électriques les plus divers.

Nous examinerons successivement ces divers aspects et avantages de la lampe Cooper Hewitt, et nous indiquerons les derniers résultats des recherches de l'inventeur, qui viennent d'être exposés de la façon la plus heureuse par la Compagnie Westinghouse de Londres. Disons de suite, pourtant, que la lampe Cooper Hewitt fonctionne seulement sous courant continu : nous indiquerons, en terminant, de quels emplois elle est susceptible en courant alternatif.

1. *Lampe Cooper Hewitt.* — Elle peut se réaliser en foyers quelconques, concurrençant la lampe à incandescence ou la lampe à arc ; mais elle tient le milieu, en général, entre ces deux catégories bien distinctes par l'intensité des foyers.

Plus économique que la lampe à incandescence, avec laquelle elle a en commun l'aspect général et le principe, elle est plus économique même que la lampe à arc, et paraît susceptible de la remplacer avantageusement, dans bien des cas, même à égalité d'intensité par foyer : mais, bien entendu, elle a sur elle l'avantage notable de se construire en foyers de moindre intensité, et, par conséquent, de permettre une répartition plus parfaite de la lumière, sans augmentation spécifique de consommation.

Cette consommation est d'un tiers de watt environ par bougie, et demeure constante dans le fonctionnement de la lampe, tandis que les consommations pratiques des deux autres types de lampes sont :

Pour la lampe à incandescence : 3 à 4 watts par bougie ;

Pour la lampe à arc : 1 watt à 1 1/2 watt par bougie, en tenant compte de la résistance de stabilité.

Maintenant qu'on connaît l'intérêt de cette lampe, nous en indiquerons rapidement les caractères principaux :

Elle est enveloppée, comme le filament d'une lampe à incandescence, d'une ampoule de verre ; mais cette ampoule, au lieu de contenir un filament seul lumineux dans la lampe, est tout entière éclairée par l'incandescence de la vapeur de mercure dont elle est remplie.

La surface émissive est donc beaucoup moins réduite, les ombres ou pénombres beaucoup moins sensibles ; enfin, la lumière est totalement dépourvue de rayons rouges. On peut se faire une idée de la nature de cette lumière par les durées relatives d'impressions photographiques relevées avec une lampe Cooper Hewitt de 700 bougies : des épreuves d'égale intensité étaient obtenues à l'aide du même cliché négatif par une exposition de 23 minutes à la lumière de cette lampe et une exposition de 25 minutes à la lumière du jour.

La réalisation du principe indiqué ci-dessus se fait de la manière suivante : Le tube de verre devant constituer la lampe porte, à la partie inférieure, un renflement contenant une petite quantité de mercure ; à l'intérieur de ce renflement pénètre l'électrode reliée au pôle négatif du réseau ; à l'autre extrémité du tube pénètre, à l'intérieur de la lampe, un second fil de platine, relié au pôle positif du réseau et portant en prolongement, à l'intérieur du tube, un fragment de fer qui forme l'électrode positive.

Bien entendu, l'application à cette lampe du voltage du réseau ne peut d'abord provoquer la vaporisation et l'incandescence du mercure qu'au moyen d'un artifice, qui sera indiqué plus loin. Mais, quand cette mise en marche de la lampe est obtenue, le fonctionnement normal se maintient, sous 85 volts environ entre les électrodes : le tube est rempli de vapeur de mercure dont la température est évaluée à 2.000 ou 3.000° C.

Ces vapeurs se condensent continuellement sur les parois froides du tube et redescendent dans la poche inférieure, où elles sont de nouveau vaporisées. On estime pourtant que le mercure à l'état de vapeur est toujours en quantité très faible et la lampe ne manifeste aucun échauffement.

L'artifice le plus en faveur pour la mise en marche de cette lampe consiste à provoquer, dans l'intérieur du tube, la décharge d'une forte bobine d'induction par rupture du circuit à l'aide d'un interrupteur : un simple interrupteur à deux positions, l'une de marche, l'autre de mise en marche, suffit donc à cette manœuvre.

On peut mettre plusieurs lampes en série sous un courant à 200 ou à 500 volts.

Les intensités des foyers peuvent varier de 16 bougies à 10.000 bougies, le diamètre et la longueur du tube variant en proportions déterminées avec cette intensité : par exemple, pour 16 bougies, la longueur du tube sera de 75 millimètres et le diamètre de 3 millimètres.

La lampe de 10.000 bougies comportera l'emploi d'un tube de 3m,60 de longueur et 75 millimètres de diamètre.

Des constatations curieuses établissent que le voltage aux électrodes, au lieu de varier en raison inverse de la section, varie en raison inverse du diamètre seulement, alors que les prévisions les plus rationnelles portaient à croire qu'il devait varier en raison directe de la résistance, c'est-à dire en raison directe de la longueur et inverse de la section : le fait s'expliquerait par la forme annulaire de la colonne de vapeur remplissant le tube.

La lampe Cooper Hewitt a été, depuis que l'inventeur l'a fait connaître, l'objet d'une intéressante étude de M. E. Hospitalier. Il insiste notamment sur la nature des radiations lumineuses de cette lampe. Riche en rayons actiniques, elle est absolument dénuée de rayons rouges, à ce point que les lèvres paraissent pourpre noir, et que les modifications apportées aux couleurs par cette lumière incomplète donnent aux visages et aux objets un aspect macabre et fantastique.

La lumière produite par la lampe à vapeur de mercure, ayant un faible éclat intrinsèque et se trouvant dépouillée de ses radiations rouges, ne fatigue pas la vue. On peut, d'ailleurs, lui restituer les radiations rouges qui lui font défaut à l'aide d'écrans fluorescents placés dans son voisinage, ou en constituant la résistance de ballast par des lampes à incandescence riches en radiations rouges.

M. Steinmetz, l'ingénieur et savant américain bien connu, étudie actuellement une lampe à vapeur de mercure avec adjonction de substances chimiques destinées à restituer à cette lampe les radiations rouges qui lui font défaut.

Il est à désirer vivement que les efforts ainsi tentés de divers côtés aboutissent à la création d'une lampe économique et vraiment pratique.

2. *Redresseur Cooper Hewitt.* – Les lampes de ce système ne donnent passage au courant que dans un sens, et, par conséquent, ne conviennent qu'au courant continu ; mais ce fait même est susceptible d'une application qui a été très heureusement réalisée par l'inventeur : la création d'un redresseur de courant statique.

La lampe décrite ci-dessus est un véritable redresseur ou sélecteur des ondes d'un courant donné : si, par exemple, on applique à ses deux électrodes un courant alternatif simple, elle laissera passer seulement les ondes ou demi-périodes de polarité convenable.

Si, lui donnant plusieurs électrodes positives, on relie à celles-ci les phases correspondantes d'un réseau polyphasé, la lampe livrera passage aux ondes de même polarité des différentes phases, dont la somme équivaut, ainsi qu'on le sait, à un courant continu.

Par exemple, les connexions que schématise la figure 1 représentent la réalisation de ces redresseurs appliqués à la transformation d'un courant triphasé emprunté au réseau A.

Soit, pour fixer les idées, un réseau A à 20.000 volts, tension qui dépasse la limite directement admissible dans le redresseur R. On effectue la réduction de tension par le transformateur B, connecté en étoile, et, du point neutre de ce transformateur, on dérive le conducteur C de polarité positive du courant transformé.

Du bain de mercure E, part le conducteur F de polarité négative du courant transformé.

Enfin, G D I servent à la mise en marche de l'appareil : G est une forte bobine d'induction, à laquelle on envoie préalablement le courant continu d'une source S, pour ensuite l'interrompre brusquement en I, et provoquer la décharge initiale à l'intérieur de l'ampoule entre D et E, décharge amplifiée par l'effet de capacité du condensateur, formé comme suit : une des électrodes est constituée par le bain de mercure relié au pôle —, l'autre par une enveloppe en papier métallique collée sur le verre et reliée au pôle +. Le verre intermédiaire constitue le diélectrique de ce condensateur.

Le rendement de ces redresseurs est très élevé : la

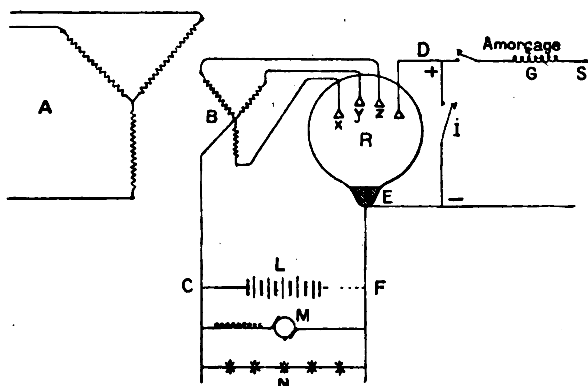


Fig. 1. — *Schéma du redresseur de courant Cooper Hewitt.* — A, réseau triphasé; B, transformateur; C, conducteur positif du courant transformé; R, lampe Cooper Hewitt; E, bain de mercure; x, y, z, électrodes positives du courant triphasé; S, source d'électricité; G, bobine d'induction; I, interrupteur; F, conducteur négatif du courant transformé; M, transformateur; N, lampes.

seule perte constatée dans le redresseur essayé à Londres était celle qui correspond à la chute de tension de 14 volts dans l'ampoule, ce qui, sous 100 volts au réseau, donnerait un rendement de 86 °/ₒ, et sous 1.000 volts un rendement de 98,6 °/ₒ.

On estime qu'on peut les construire pour 100 à 1.000 volts et pour une intensité de courant s'élevant jusqu'à 100 ampères[1].

§ 5. — Chimie physique

Influence des corps dissous sur la vitesse de cristallisation des liquides surfondus. — De nombreux travaux, dont les plus récents sont ceux de M. Tammann, ont établi que la vitesse de cristallisation d'un liquide surfondu dont on amorce la solidification par un germe cristallin est une grandeur physique bien définie, caractéristique de la substance considérée, variable avec la température conformément à la loi suivante : la vitesse de cristallisation croît d'abord avec le degré de surfusion du liquide, puis atteint un maximum qui se maintient pour un certain intervalle de température, et décroît ensuite jusqu'à devenir nulle, le corps ayant ainsi atteint un état vitreux d'autant plus stable que le pouvoir de cristallisation spontanée est plus petit[1].

M. E. von Pickardt a étudié les variations apportées à cette vitesse de cristallisation par l'addition au liquide surfondu de petites quantités d'impuretés, en la mesurant dans la région du maximum, ce qui permet de ne pas avoir besoin d'une constance parfaite de la température, et de se contenter, par suite, d'un dispositif expérimental extrêmement simple. Il suffit de placer le liquide surfondu dans un tube étroit (environ 1 millimètre de diamètre), à parois minces, et, une fois la cristallisation amorcée par un germe introduit à l'une des extrémités, de mesurer la vitesse avec laquelle la cristallisation envahit le tube. L'expérience a montré que cette vitesse, dont la grandeur, pour les corps étudiés, est de l'ordre de 1 millimètre par seconde, est indépendante du diamètre du tube employé.

Les résultats furent les suivants :

La présence d'un corps étranger diminue notablement la vitesse de cristallisation d'un liquide surfondu.

Des quantités équimoléculaires de diverses substances produisent la même diminution de la vitesse de cristallisation, c'est-à-dire que cette diminution est une propriété « colligative », comme l'abaissement du point de congélation, ou la diminution de la tension de vapeur. Seulement, tandis que ces dernières propriétés sont proportionnelles à la concentration du corps dissous, la diminution de la vitesse de cristallisation est proportionnelle à la racine carrée de la concentration de l'impureté. D étant cette diminution, et C étant la concentration, c'est-à-dire le nombre des molécules de l'impureté contenues dans l'unité de volume, on a :

$$D = k\sqrt{C}.$$

Pour chaque substance, k est indépendant de l'impureté ajoutée, et caractéristique de la substance. Du moins, telle est la loi tant que la concentration n'est pas très grande. Elle cesse de rendre compte des phénomènes lorsqu'il y a plus de 8 molécules d'impureté dans 100 molécules de substance dissolvante.

Remarquons que, dans la formule précédente, D représente la diminution que subit la vitesse de cristallisation V_p du corps *rigoureusement* pur, et non pas celle V_o du corps, pris dans l'état de pureté le plus parfait qu'on puisse réaliser. En appelant x la concentration en impuretés de ce corps, aussi pur qu'on sache le préparer, on a :

$$V_p - V_o = k\sqrt{x}.$$

Une méthode d'approximations successives, que M. von Pickardt expose en détail dans son Mémoire[2], permet de déterminer à la fois V_p et x en s'appuyant sur la loi précédente.

Il résulte de là une application intéressante de la propriété en question : son étude fournit un critérium de la pureté d'une substance, et, de plus, au cas où celle-ci est impure, donne un renseignement sur sa teneur en impureté. A cet égard, la vitesse de cristallisation est préférable au point de fusion ou au point d'ébullition, car l'observation de ces dernières constantes physiques ne permet que de s'assurer qu'on a tiré des procédés de purification employés le meilleur parti possible, sans qu'on soit sûr d'être arrivé au corps pur lui-même. Au contraire, la vitesse de cristallisation permet de contrôler la pureté absolue.

Quant à la détermination des masses moléculaires, qui, évidemment, peut être basée sur la diminution de vitesse de cristallisation, comme elle l'a été jusqu'ici

[1] La figure et les données que nous signalons sur la lampe Cooper Hewitt sont empruntées à l'*Electrician* de Londres du 16 janvier 1903.

[1] Ces résultats expérimentaux et les hypothèses qu'ils ont suggérées à Tammann ont été exposés dans la *Revue* par M. Jean Perrin : Les limites de l'état cristallin (*Revue gén. des Sciences*, t. II, p. 1218; 1900).

[2] *Zeitschrift fur physikalische Chemie*, t. XLII, p. 17; 1902.

sur l'abaissement du point de fusion ou l'élévation du point d'ébullition, elle est particulièrement facile par cette méthode, qui ne nécessite que de très petites quantités de matière, et qui n'utilise qu'un appareil tout à fait simple à construire.

Il faut remarquer, cependant, que les applications intéressantes du phénomène en question sont subordonnées à la facilité avec laquelle le liquide subit la surfusion; les conditions dans lesquelles il convient de se placer pour pouvoir opérer sur le liquide surfondu [1] seront fournies par une étude du pouvoir de cristallisation spontanée, telle que Tammann l'a faite sur un grand nombre de substances.

§ 6. — Biologie

Sur une curieuse particularité concernant les formes des êtres vivants et spécialement celles du corps humain. — Nul n'ignore que, toutes les fois qu'un membre quelconque change de position, certains muscles se contractent, tandis que d'autres s'étendent; à chaque *position* correspond une **forme** extérieure *différente*.

Retenant bien ce fait, croisez maintenant les bras sur la poitrine ou passez-les derrière le dos, ou allongez-les le long du corps, assis ou debout, ou encore croisez les jambes, allongées ou repliées, ou bien placez une main sur l'autre ou dans l'autre, ou sur la tête ou sur la figure, placez un doigt le long d'un autre ou saisissez n'importe quelle partie de votre corps; toujours vous constaterez ceci :

Quelle que soit la position prise, pourvu qu'elle soit naturelle, chaque fois que vous aurez mis une saillie quelconque de l'un des membres dans un creux de l'autre, toutes les autres saillies se placeront d'elles-mêmes et rempliront exactement tous les creux de l'autre membre, et réciproquement, et cela sur toute la longueur des membres, et cela aussi sans *aucune déformation* nulle part, sans aucun *aplatissement* des chairs, à moins de défauts graves dans votre structure. (C'est même là un moyen de vérification de la perfection de vos formes.)

A mesure que l'on rapproche un membre d'un autre, les muscles par le jeu desquels s'effectue ce rapprochement changent progressivement de configuration, et présentent ceci de merveilleux qu'arrivés au contact tous les pleins de l'un des membres ont pris la forme exacte nécessaire pour remplir les creux de l'autre, et réciproquement.

L'un des membres est, partout et toujours, comme la contre-partie ou comme le moule de l'autre, sur toute sa longueur et sur une largeur plus ou moins grande, se réduisant parfois à une simple ligne de contact, mais une ligne qui ne permet pas de voir d'autres jours que ceux, tout à fait insignifiants, laissés par des rides de la peau ou par de légers plis sous les articulations. — C'est ce qui pourrait expliquer, en statuaire, la supériorité bien connue de la main et des doigts sur tous les autres ébauchoirs.

Afin de mieux me faire comprendre, supposez qu'avec du plâtre vous preniez d'abord un creux sur votre bras dans la position que prendrait celui-ci, par exemple, quand vous mettez la main sur le cœur; puis qu'avec ce creux vous exécutiez, en plâtre aussi, un moulage, c'est-à-dire une reproduction en relief de votre bras dans la position dite; d'un autre côté, vous aviez moulé de même et séparément un relief de votre poitrine depuis le dessous du bras. Si, ensuite, vous placez, l'une sur l'autre et dans la position indiquée, ces deux parties de statue *rigides* et *indéformables*, vous constaterez qu'elles coïncident exactement, qu'elles se touchent sur toute la longueur sans laisser le moindre jour en aucun endroit.

[1] L'expression de liquide *surrefroidi* ou *ultrarefroidi*, analogue à celles employées en anglais et en allemand, serait évidemment préférable à l'expression *liquide surfondu*.

La loi s'étend même à l'enfant, dont on retrouve le moule dans les bras de sa mère, et l'on peut dire que, si celle-ci est gratifiée de lignes élégantes, elle contribuera largement à la perfection physique de son enfant, et d'autant plus qu'elle sera mère plus tendre, car elle le retournera sans cesse en tous sens pour l'embrasser et le serrer dans ses bras, contre son sein, sur ses genoux, le pétrissant et le moulant ainsi dans la pureté de ses propres lignes.

Si, en effet, l'enfant présente des saillies anormales ou des creux exagérés, ces défectuosités seront constamment sollicitées à se corriger et à disparaître sous la pression des lignes modèles de la mère, dont les chairs offrent une solidité très accentuée par rapport aux chairs et aux os si malléables de l'enfant en bas âge.

Ch. Weyher,
Ingénieur civil.

§ 7. — Géographie et Colonisation

La frontière entre le Congo français et l'enclave portugaise de Cabinda. — La délimitation opérée en 1901 entre la colonie du Congo français et l'enclave portugaise de Cabinda, à la suite de l'accord signé le 23 janvier 1901 entre les représentants des deux Puissances, a été l'occasion de reconnaissances géographiques et d'études scientifiques qui viennent d'être mises à jour et méritent d'être signalées. A la tête de la Commission française était M. Alfred Fourneau, administrateur en chef des colonies, qui fut dès 1883 l'un des collaborateurs de M. de Brazza dans la Mission de l'Ouest africain et qui a accompli au Congo d'importantes explorations; il a été fort bien secondé par M. l'administrateur adjoint Micheau et le lieutenant d'artillerie coloniale G. Dufour.

La frontière que la Commission franco-portugaise était appelée à déterminer court à travers le pays Balivi en suivant sensiblement la ligne de faîte qui sépare les eaux du Chiloango de celles de la Loémé. Par endroits, cependant, la frontière empiète sur le bassin du Chiloango; elle nous laisse notamment le pays dit de Chimpèze, sur le haut Louali, de sorte qu'elle correspond à peu près aux limites fixées par les indigènes entre les royaumes du Cacongo et du Loango, le premier formant pour la plus grande part l'enclave de Cabinda, le second appartenant au Congo français.

La zone côtière que la frontière traverse de Massabe, sur la côte, au voisinage de la Loufica, affluent de la Loémé, est d'un aspect généralement pauvre. Après une région de lacs et de lagunes où poussent des palétuviers, on ne voit qu'une succession de clairières sablonneuses qui, pendant la saison des pluies, se couvrent de hautes herbes inutilisables comme pâturages. Le terrain est exclusivement composé de sables et d'argile. Quelques taillis, dans les dépressions, ne présentent que des essences rabougries. A peine voit-on quelques huttes chétives se dresser çà et là sur la plaine.

Des sources de la Loufica à celles de la Loubinda, le pays commence à changer. On est là dans une zone de transition. Le terrain est encore sablonneux, avec des bandes de grès horizontales; mais il devient plus accidenté, les lignes d'arbres sont de plus en plus nombreuses et la grande végétation succède peu à peu aux hautes herbes. Du côté français sont les terres de Milimba, où les villages sont plus rapprochés, mais dont les habitations restent pauvres et délabrées.

Après avoir traversé de magnifiques plantations de manioc et de bananiers, on pénètre dans la zone montagneuse et forestière dite du Mayombe. On est désormais dans la grande forêt. La région est très accidentée. Les cours d'eau y sont nombreux et coulent souvent dans des ravins encaissés.

Le sol végétal, qui n'est pas d'une grande épaisseur, est constitué par des argiles provenant de la décomposition du sous-sol granitique et des schistes plissés

dans le lit des torrents. De Youngo à Chimongo-Sanga, le sous-sol est formé de grès quartzeux avec des affleurements granitiques; de Chimongo-Sanga à Chimpèze, c'est-à-dire sur le cours supérieur du Louali et de la Bilisi, son affluent, on se trouve dans une région de phyllades et de schistes ardoisiers fortement plissés; enfin, du Louali à Cayo Pambo et à Cayo Batchi, s'étend une région de schistes proprement dits et très divers, micaschistes, talcschistes, chloroschistes, et sur les sommets affleurent de nombreuses roches de quartzite. C'est dans la région des schistes que la forêt atteint son maximum de richesse luxuriante.

On trouve dans le Mayombe de splendides forêts de palmiers. Çà et là sont installés des chantiers à huile de Loango en rapports avec les populations du haut Quillou, du haut Chiloango et du moyen Congo. Au sud de la frontière, les terres de Sanga et de N'Zala, qui s'étendent jusqu'au delà de la rivière Louali, sont aussi couvertes de grands villages, et leurs habitants sont en relations commerciales journalières avec Chimpèze, dont le trafic s'écoule presque entièrement vers le Louali. Le chef de N'Zala est le plus influent de la contrée; de même que les Portugais ont installé un poste à Sanga, nous devrons en créer un de notre côté à Chimpèze.

La Commission reconnut le cours supérieur du Louali et le massif orographique d'où il sort, ainsi que la rivière Louvakou, affluent de la Loémé. La brousse, de

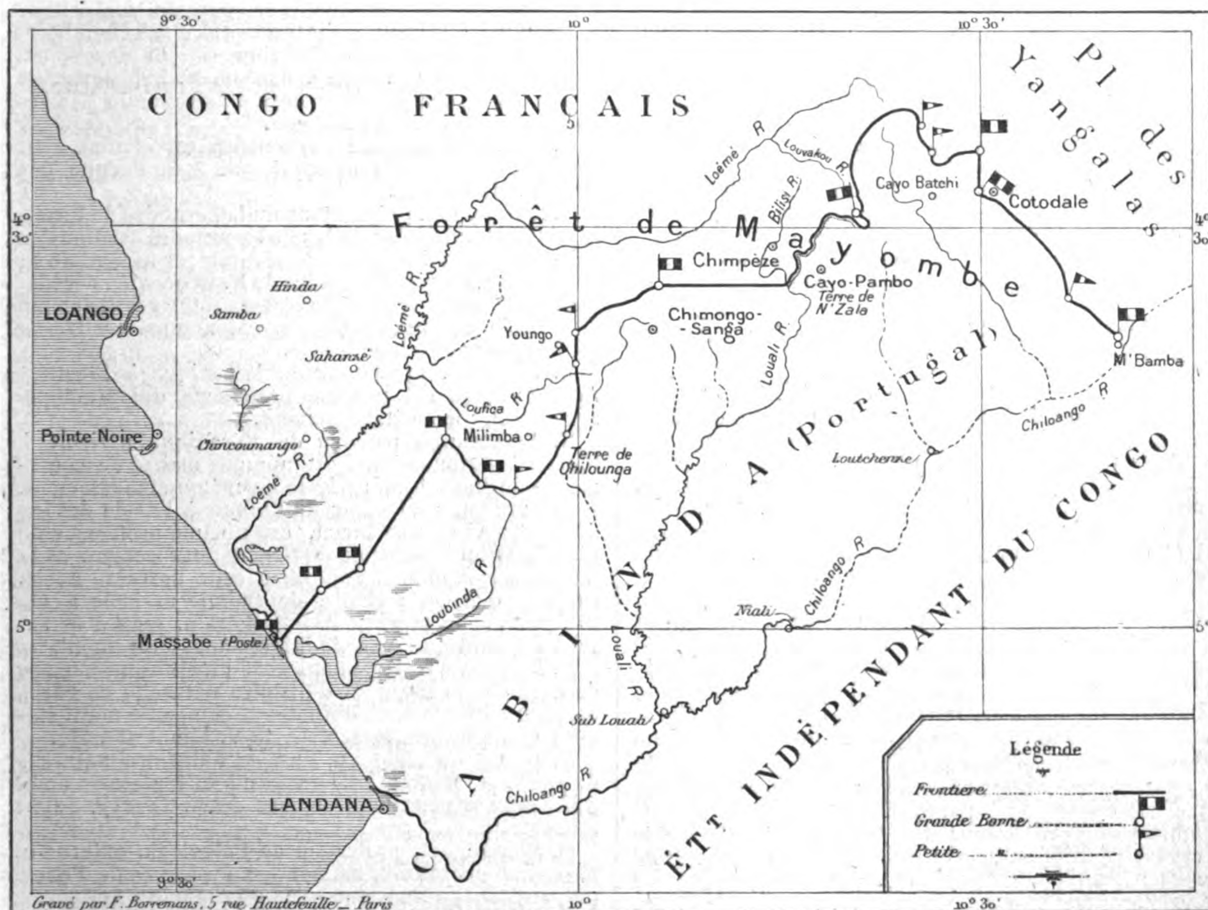


Fig. 1. — *Nouvelle frontière entre le Congo français et l'enclave portugaise de Cabinda.*

en pleine exploitation. La liane à caoutchouc domine dans la brousse, mais les indigènes s'y prennent mal pour l'exploiter. On voit partout de vastes et belles plantations.. C'est une contrée réellement fertile, et cependant ce n'est qu'à la partie superficielle des argiles que les plantes se nourrissent par une large ramification des racines, celles-ci ne pouvant pénétrer un sous-sol trop dur. La frontière divise à peu près également entre les deux territoires ce riche pays.

La province de Chimpèze, dans le Mayombe, qui avait été d'abord attribuée à nos voisins et que le protocole du 23 janvier 1901 nous a rendue, est particulièrement fertile, peuplée et commerçante; elle est exclusivement forestière. Le village de Chimpèze, situé sur un mamelon dans une boucle de la rivière Bilisi, compte environ cinquante cases. Par ce point passe une importante route de caravanes qui, bien avant notre occupation, mettait les ports de Pointe-Noire et plus en plus impénétrable, est arrosée par de nombreux torrents qui vont se perdre les uns dans la Loémé, les autres dans le Louali. Toute la ligne de faîte qui s'étend des sources de la Loémé au méridien 10°30' fut relevée par la Commission. Les plantations y sont nombreuses, mais moins riches que celles des régions vues auparavant.

Ayant escaladé des crêtes de 800 mètres, la Commission quitta brusquement la forêt et descendit dans les vastes plaines des Yangalas, qui semblent être l'ancien lit d'un grand fleuve. Cet immense bas-fond s'allonge sensiblement de l'est à l'ouest, du Congo au Quillou. Il est borné au nord et au sud par une ligne de collines nettement dessinée et dont quelques sommets, vers le Mayombe, atteignent jusqu'à 950 mètres.

Le sous-sol est presque entièrement constitué par de la latérite, qui perce de tous côtés la couche superficielle, couvrant le sol de sortes de dômes rougeâtres

très nombreux. Dans les bas-fonds et le thalweg, le sous-sol imperméable retient les eaux à la surface. Dans ces marais, remplis d'une boue argileuse brune, la végétation est exclusivement herbeuse. On trouve comme plantations du manioc et des bananiers, assez pauvres d'ailleurs, des arachides et quelques maigres palmiers. Les habitants sont malpropres, méfiants et inhospitaliers.

La Commission, dépassant Cotodale, suivit la plaine des Yangalas jusqu'à M'Bamba, point où se trouve la trouée par laquelle le fleuve Chiloango pénètre dans le Mayombe. Là était la limite extrême de la frontière qu'il s'agissait de délimiter, et la dernière borne fut posée par 4°38' lat. S. et 10°40' long. E. Le Chiloango n'a, en cet endroit, qu'une largeur moyenne de 12 à 15 mètres. Toute la plaine des Yangalas est française et fait partie du cercle de Loudima. Au delà, le pays se relève en s'accidentant, et l'on rentre dans les grès et les calcaires pour aboutir à la zone cuivreuse de Mindouli, dont les gisements ont été jadis exploités par les indigènes pendant des siècles.

La Commission française a relevé 400 kilomètres environ de terrain. Les travaux scientifiques comprennent des observations astronomiques, des itinéraires cotés, un profil en long, des observations météorologiques ; comme documents rapportés, il faut noter de nombreux échantillons géologiques et hydrologiques et des photographies. **Gustave Regelsperger.**

Une Expédition polaire française. — Depuis vingt ans, toutes les nations maritimes, l'Angleterre, l'Allemagne, les Etats-Unis, la Norvège, la Suède, le Danemark, l'Italie, et même la Belgique, ont organisé des expéditions dans les régions polaires, afin de poursuivre l'exploration scientifique des glaces qui enveloppent les pôles. La France n'avait pris qu'à de rares intervalles une part active à ce grand mouvement. Or, voici qu'un Français, le Dr Jean Charcot, qui a déjà fait de nombreuses croisières dans l'Océan Glacial, vient d'organiser une expédition arctique. Le projet de voyage comprend une campagne au Spitzberg et à la Nouvelle-Zemble, et l'exécution, dans ces îles, d'un programme d'études d'un grand intérêt scientifique et d'une réelle portée pratique. Au large du Spitzberg, par exemple, l'Expédition portera ses investigations sur le régime des courants marins, dont l'action exerce une si grande influence sur le climat de l'Europe, et elle se livrera aussi à des études de Biologie marine, ainsi qu'à l'examen des conditions spéciales de la pêche et de la chasse dans les régions arctiques. A terre, elle s'appliquera principalement à des travaux de Géographie et de Géologie et, dans le domaine de la Paléontologie, plus spécialement encore à la recherche des grands Batraciens dont l'apparition sur notre Globe introduisit les Vertébrés dans la faune terrestre.

M. Charcot a groupé autour de lui tout un personnel scientifique : deux zoologistes, dont M. J. Bonnier, directeur du Laboratoire maritime de Wimereux; un géologue, un officier de marine, chargé des observations astronomiques et météorologiques; enfin, M. de Gerlache, le chef de l'Expédition antarctique belge, apportera à cette entreprise son précieux concours comme océanographe.

Pour assurer l'exécution de ce programme, M. Charcot a fait construire, à ses frais, un navire spécial, solide et parfaitement outillé. Enfin l'Académie des Sciences, le Muséum et le Ministère de l'Instruction publique ont accordé une subvention à son Expédition ; et, d'autre part, un Comité, composé de MM. Bouquet de la Grye, Gaudry, Giard, Grandidier, de Lapparent, prince de Monaco, Mascart, Edmond Perrier, E. Roux, membres de l'Institut, L. Olivier et Ch. Rabot, s'est constitué, par les soins de la *Revue générale des Sciences*, pour aider M. Charcot dans son entreprise. Une somme de 70.000 francs étant nécessaire comme complément aux fonds déjà assurés, le Comité fait appel, pour l'obtenir, aux Sociétés savantes, aux Chambres de Commerce de nos départements maritimes, à tous les membres de ces Compagnies, ainsi qu'aux particuliers amis des sciences.

§ 8. — Universités et Sociétés

Association des Anatomistes. — Le prochain Congrès de l'Association aura lieu du 5 au 8 avril prochain à Liége, sous la présidence de M. le Professeur Swaen, assisté de MM. les Professeurs Julin, van der Stricht et Francotte, vice-présidents.

Tous les anatomistes y seront les bienvenus.

Personnel universitaire. — M. Lebeuf, docteur ès sciences mathématiques, maître de conférences d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Montpellier, est nommé directeur de l'Observatoire astronomique, météorologique et chronométrique de Besançon, en remplacement de M. Gruey, décédé. M. Lebeuf est, en même temps, chargé d'un cours d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Besançon.

M. Le Roux, docteur ès sciences, est chargé d'un cours de Mathématiques appliquées à la Faculté des Sciences de Rennes.

M. le Dr Guyon, préparateur du Laboratoire de Physique biologique de l'Ecole des Hautes-Etudes (Section des Sciences naturelles), est nommé directeur-adjoint de ce laboratoire, en remplacement de M. Hénocque, décédé.

M. le Dr Jolly, répétiteur au Laboratoire d'Histologie de l'Ecole des Hautes-Etudes, est nommé maître de conférences audit laboratoire.

M. Hérisson, professeur de Mécanique à l'Institut Agronomique, est nommé professeur d'Hydraulique agricole au même établissement.

M. Thévenin, répétiteur de Mécanique agricole à l'Institut Agronomique, est nommé maître de conférences de Mécanique agricole au même établissement.

M. Dumont, professeur de Chimie à l'Ecole des Industries agricoles de Douai, est nommé professeur de Chimie agricole à l'Ecole de Grignon et directeur de la Station agronomique annexée à cette dernière Ecole. On sait que cette chaire de Chimie agricole a été illustrée par le regretté P. P. Dehérain. C'est à ce savant éminent que succède directement M. Dumont.

M. Edmond Perrier, membre de l'Institut, professeur de Zoologie au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, est nommé professeur d'Anatomie comparée audit établissement, en remplacement de M. Filhol, décédé.

M. Boule, assistant au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, est nommé professeur de Paléontologie audit établissement, en remplacement de M. Gaudry, admis à la retraite.

M. Moulonguet, professeur de Pathologie externe et Médecine opératoire, est nommé directeur de l'Ecole préparatoire de Médecine et de Pharmacie d'Amiens.

M. Féry, docteur ès sciences, chef des travaux à l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, est nommé professeur de Physique à cette école.

Conseil supérieur de l'Instruction publique. — M. Mascart vient d'être élu membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique, représentant le Collège de France, en remplacement de M. Berthelot, démissionnaire.

Bourses industrielles de voyage. — Des bourses industrielles de voyage viennent d'être accordées par le Ministère du Commerce aux jeunes gens ci-après désignés :

M. Octave Gallet, ancien élève diplômé de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures et de l'Ecole Supérieure d'Electricité, pour se rendre en Amérique;

M. Gustave Klotz, ancien élève de l'Ecole de Chimie industrielle de Lyon, pour se rendre en Allemagne ;

M. Henri Nicolle, ancien élève diplômé de l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Châlons, pour se rendre en Amérique.

LA STRUCTURE DES SPECTRES

Tous ceux qui se sont occupés, si peu que ce soit, de Spectroscopie, ont eu l'occasion de contempler le magnifique spectacle qu'offre le spectre de certains métaux, celui du fer par exemple. Mais au sentiment d'admiration produit par la richesse des couleurs, le nombre et la variété d'aspect des groupes de lignes, se mêle bientôt, chez l'observateur attentif, un sentiment d'étonnement et de gêne : toutes ces lignes brillantes, quoique émises par une même vapeur, semblent jetées au hasard dans toutes les parties du spectre, comme par une volonté capricieuse, sans aucun arrangement systématique. Pour d'autres spectres moins compliqués, l'œil croit apercevoir une sorte de régularité; mais cette apparence d'arrangement s'évanouit le plus souvent lorsqu'on cherche à la traduire par des relations numériques.

Ces raies d'un même spectre, si diverses d'aspect et si capricieusement distribuées, ont cependant une origine commune, et il est difficile d'admettre que cette parenté ne se traduise pas par quelque relation numérique entre leurs nombres de vibrations, en d'autres termes entre leurs positions dans le spectre. De pareilles relations ont été cherchées dès l'origine de la Spectroscopie. Quoique les premiers faits remontent à plus de trente ans, c'est seulement depuis une quinzaine d'années que cette étude a donné lieu à un ensemble de recherches un peu étendu, et il s'en faut encore de beaucoup que les résultats soient complets. Pour quelques spectres (ceux des métaux alcalins, par exemple), on est arrivé à classer toutes les raies dans un arrangement régulier; les métaux de la même famille présentent des spectres analogues, qui se modifient progressivement à mesure que les poids atomiques augmentent. Pour d'autres métaux, une partie seulement des raies montrent un arrangement régulier, les autres conservant leur disposition arbitraire. Certains spectres très compliqués échappent encore à toute loi. Malgré cela, les résultats obtenus forment, dès à présent, un ensemble fort important; ce sont ces résultats que je me propose de résumer ici.

I. — Les données numériques.

Chaque *raie* d'un spectre accuse la présence, dans la radiation étudiée, d'une certaine espèce de lumière monochromatique, autrement dit d'une certaine vibration, de période déterminée. Une raie doit donc être définie, non par une indication vague de couleur, ni par un numérotage arbitraire sur l'échelle du spectroscope, mais par le seul élément qui la définisse indépendamment de toute convention, la *période* de son mouvement vibratoire, ou, ce qui revient au même, le nombre de vibrations effectuées par seconde. Suivant une expression empruntée au langage des électriciens, ce nombre peut être appelé la *fréquence* du mouvement vibratoire considéré. On sait qu'en Optique ces nombres de vibrations se chiffrent par millions de milliards à la seconde; on ne peut pas directement les compter, mais seulement les calculer, en partant de la vitesse de propagation V, qui est très grande, et de la longueur d'onde λ, qui est très petite; la fréquence N est alors donnée par l'équation $N = \frac{V}{\lambda}$, et la période par $T = \frac{\lambda}{V}$.

La vitesse, très difficile à mesurer, n'est connue qu'à un millième près, mais elle est, *du moins dans le vide*, rigoureusement la même pour toutes les radiations. Les longueurs d'onde, au contraire, sont mesurables avec une extrême précision. Comme (V étant constant) λ est simplement proportionnel à T, il est plus simple de ne pas introduire dans les données numériques de la Spectroscopie l'incertitude sur V, et de définir chaque radiation par sa longueur d'onde. Ces longueurs d'onde étant très petites, on les mesurera avec une unité du même ordre. Nous emploierons le millième de micron, ou millionième de millimètre[1] (abréviation, $\mu\mu$).

Les périodes sont directement proportionnelles aux longueurs d'onde; les fréquences leur sont inversement proportionnelles. On peut prendre comme mesure de la fréquence le nombre de longueurs d'onde contenues dans une longueur fixe, un dixième de millimètre, par exemple. Cela revient à exprimer le nombre de vibrations effectuées en un temps parfaitement déterminé, mais imparfaitement connu, celui que met la lumière à parcourir $\frac{1}{10}$ de millimètre, soit environ $\frac{1}{3} \times 10^{-12}$ seconde.

[1] Un accord international n'a pu se faire encore sur le choix d'une unité pour la mesure des longueurs d'onde. La plupart des spectroscopistes emploient comme unité le dix-millième de micron (unité d'Angström). Cela n'a pas une importance énorme, puisqu'il n'en résulte qu'un changement dans la position de la virgule. L'emploi du $\mu\mu$ présente cet avantage que les parties entières des longueurs d'onde usuelles sont des nombres de trois chiffres, nombres bien plus faciles à retenir et à énoncer que les nombres de quatre.

Pour les besoins de la Spectroscopie, on doit toujours donner les longueurs d'onde *dans le vide*, qui seules sont exactement proportionnelles aux périodes des mouvements vibratoires. L'expérience donne directement les longueurs d'onde dans l'air. La réduction au vide ne produit qu'une petite correction, dont le calcul est facile au moyen de l'indice de l'air.

En résumé, les données numériques de la Spectroscopie consistent en longueurs d'onde des radiations qui composent les divers spectres. La détermination de ces données est devenue relativement facile, grâce à la connaissance exacte d'un grand nombre de *repères* dans le spectre. S'ils sont assez nombreux, et si leurs longueurs d'onde sont exactement connues, il devient facile de déterminer la longueur d'onde d'une raie quelconque, par interpolation entre deux repères qui l'encadrent, et cela quelle que soit l'espèce d'appareil spectroscopique employé. Il faut bien prendre garde que toute erreur sur les repères se reporte sur toutes les mesures qu'on en déduit. L'établissement de ces repères a été un travail considérable, auquel resteront attachés les noms de Angström et de Rowland. Toutes les données numériques modernes sont rapportées aux nombres de ce dernier savant; il s'y trouve bien de petites erreurs systématiques, ainsi que M. Perot et moi l'avons montré récemment; mais ces erreurs ne portent que sur les millioniêmes, du moins dans le spectre visible. Nous avons donné une table permettant de les corriger; mais ces corrections seraient souvent inutiles, les mesures spectroscopiques ne pouvant que rarement atteindre ce degré de précision. On peut donc dire que, pour les travaux spectroscopiques habituels, les repères de Rowland sont suffisants, puisque leur précision dépasse celle des comparaisons. On pourra, quand le besoin s'en fera sentir, corriger les nombres ainsi obtenus.

Si l'on songe que les raies de certains spectres se comptent par milliers, on se rendra compte du travail considérable que représente l'établissement des données numériques de la Spectroscopie, et l'on ne s'étonnera pas que ce travail ne soit pas encore achevé, malgré des recherches très étendues, en première ligne desquelles il faut citer celles de Kayser et Runge. Le travail est encore accru par ce fait que beaucoup de substances donnent plusieurs spectres, selon la façon dont leur vapeur a été rendue lumineuse. L'extrême sensibilité des réactions spectroscopiques vient encore compliquer le problème : qu'une trace d'impureté vienne souiller la substance étudiée, et l'on attribuera à cette substance des raies qui ne lui appartiennent pas. Il faut énormément d'attention et de soins pour éliminer toute erreur de ce genre. Enfin, pour chaque raie, il faudrait avoir, outre la longueur d'onde qui la définit, une série d'indications sur ses *propriétés* : largeur, éclat, aspect, dans les diverses circonstances d'émission; manière dont elle se comporte sous l'influence d'un champ magnétique, sous l'influence d'une pression croissante du milieu ambiant, etc.

La réunion de ces données devait paraître d'abord un travail assez ingrat et peut-être inutile. Ce qui suit montrera qu'il n'en était rien, et que, comme cela s'est produit souvent, des lois simples et importantes sont sorties de nombres accumulés sans autre souci que celui de l'exactitude.

II. — Les doublets et triplets a intervalles constants.

La comparaison entre le phénomène de l'émission de la lumière et celui de la production du son vient naturellement à l'esprit, bien que l'analogie ne soit peut-être que très lointaine. En admettant cette comparaison comme légitime, il n'est pas plus surprenant de voir un gaz émettre à la fois plusieurs vibrations lumineuses que d'entendre une corde vibrante rendre à la fois le son fondamental et ses divers harmoniques : le mouvement de la corde est un mouvement périodique assez complexe, que l'on peut regarder comme la superposition d'un certain nombre de mouvements sinusoïdaux ; chacun d'eux correspond, en Acoustique, à un son simple, en Optique à une lumière monochronique, et, par suite, à une raie spectrale déterminée. Or, dans la plupart de nos instruments de musique, les différents sons simultanément émis obéissent à la loi des harmoniques ; leurs fréquences sont entre elles comme les nombres entiers successifs. En s'appuyant sur une analogie trompeuse, on chercha des relations analogues entre les nombres de vibrations des mouvements émis par un même gaz lumineux. On crut en trouver quelques-unes, le plus souvent assez grossièrement approchées.

Des recherches ultérieures ont montré qu'elles n'étaient qu'accidentelles. Certains spectres ont des raies tellement nombreuses que l'on peut y trouver, avec de la patience, toutes les lois numériques que l'on veut, pourvu que la loi cherchée ne s'applique qu'à un petit nombre de raies, et que l'on se contente d'un degré d'approximation peu élevé. D'ailleurs, l'analogie sur laquelle était basée cette idée préconçue était purement imaginaire : même en Acoustique, les mouvements qui obéissent à la *loi simple des harmoniques* ne sont que la rare exception; les propriétés de notre oreille nous ont obligé à choisir nos instruments de musique dans cette catégorie exceptionnelle ; on ne voit aucune raison pour que les systèmes vibrants qui émettent la lumière appartiennent à cette catégorie. Sur la constitution de ces systèmes, nous ne savons rien *a priori*. Seule, l'étude des faits, entreprise sans idée préconçue, pouvait nous apprendre quelque chose sur les lois qui lient les radiations émises.

Le premier fait bien constaté a été mis en évidence par M. Mascart, en 1863 : certains *groupes* de raies, d'aspect caractéristique, se retrouvent

plusieurs fois dans le spectre d'un même métal. Par exemple, le magnésium donne un beau groupe de trois raies vertes assez voisines, dont les longueurs d'onde sont 518,38, 517,29 et 516,75. Ce *triplet* se retrouve plusieurs fois, avec des aspects identiques, dans diverses parties du spectre du magnésium. M. Mascart l'a retrouvé trois fois dans l'ultra-violet ; on en connaît aujourd'hui quatorze exemplaires, un dans l'infra-rouge, un dans le spectre visible, et douze dans l'ultra-violet. Le sodium donne un *doublet* jaune, que tout le monde connaît (raies D_1 et D_2 du spectre solaire). Des doublets analogues se retrouvent douze fois dans le spectre du sodium.

Quoiqu'il ne s'agisse encore que de relations qualitatives, il ne peut être ici question de groupements dus au hasard ; la probabilité de groupements accidentels en triplets serrés comme ceux du magnésium est pratiquement nulle.

Si l'on représente ces groupes à l'échelle des longueurs d'onde (tels que sont les spectres donnés par les réseaux), on trouve qu'ils n'ont pas tous exactement les mêmes dimensions ; ils deviennent de plus en plus étroits à mesure que l'on avance dans l'ultra-violet. Un simple changement dans le mode de représentation du spectre suffit à faire apparaître une loi numérique capitale. Au lieu de représenter chaque raie par sa longueur d'onde, représentons-la par sa *fréquence*, et dessinons le spectre d'après ces nouvelles données numériques. Ce changement a pour effet de dilater, en quelque sorte, la région des faibles longueurs d'onde, c'est-à-dire celle où les groupes étaient le plus étroits. Tous les groupes d'un même métal (Mg ou Na) deviennent identiques, absolument superposables.

Ces groupes se révèlent à la simple vue dans les spectres du Mg et du Na, parce qu'ils sont très étroits, par suite ne s'enchevêtrent pas, et se présentent à l'observateur comme des éléments distincts. Il n'en est pas de même lorsque ces groupes sont assez larges pour qu'il puisse y avoir enchevêtrement des divers groupes les uns dans les autres. La loi numérique une fois trouvée dans deux cas particuliers, il devient possible de rechercher des groupements analogues dans les spectres des autres métaux. On représentera chaque raie par sa fréquence, et, sur le spectre ainsi dessiné (ou mieux sur les données numériques elles-mêmes), on cherchera des groupes se reproduisant plusieurs fois dans le spectre avec les mêmes dimensions. De pareils groupes ont été découverts par Rydberg, puis par Kayser et Runge, dans les spectres d'un grand nombre de métaux.

Les métaux alcalins donnent, comme le sodium, des spectres composés de doublets ; il en est de même du cuivre et de l'argent, métaux qui se placent à la suite des alcalins dans la classification de L. Meyer.

Les métaux divalents (Mg, Ca, Sr ; Zn, Cd, Hg) donnent des triplets. Il en est de même des métalloïdes O, S, Se. Chacun de ces triplets n'est pas formé de trois raies équidistantes : si l'on va du rouge au violet, le premier intervalle que l'on rencontre est toujours plus étroit que le second. Pour plusieurs de ces corps, les triplets sont tellement larges et tellement enchevêtrés que la simple observation, sans données numériques précises, n'eût pas permis de les reconnaître (tel est le cas pour le spectre du mercure).

Voici donc une première loi extrêmement simple, à laquelle il serait peut-être juste de donner le nom de loi de Rydberg : Dans les spectres d'un grand nombre de corps, existent des groupes (doublets ou triplets) qui se reproduisent plusieurs fois ; l'*intervalle* qui sépare les raies (à l'échelle des fréquences) est le même pour tous les groupes.

Ceci, d'ailleurs, n'est pas une loi plus ou moins grossièrement approchée ; la constance des intervalles, lorsqu'on passe d'un groupe à l'autre, se vérifie avec une précision égale à celles des mesures.

Pour certains métaux, les groupes ainsi mis en évidence présentent certaines particularités curieuses, sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Pour les corps qui donnent des doublets, on aura à déterminer une constante fondamentale : l'intervalle constant des deux raies du doublet. On aura deux constantes pour les substances à triplets : l'intervalle de la première raie à la seconde, et celui de la seconde à la troisième. Il est intéressant de comparer entre elles les constantes des corps d'une même famille. A mesure que les poids atomiques deviennent plus élevés, les constantes augmentent, c'est-à-dire que les groupes deviennent plus larges. Pour les métaux alcalins, la largeur des doublets (exprimée, bien entendu, par la différence des fréquences) varie comme les carrés des poids atomiques; le tableau numérique suivant en fait foi :

MÉTAL	POIDS atomique P	LARGEUR des doublets ν	$\frac{\nu}{P^2} \times 10^4$
Li (1)	7	»	»
Na	23	0,17	3,25
K	39	0,57	3,81
Rb	85	2,34	3,22
Cs	133	5,45	3,09

Quoique la loi numérique ne soit pas aussi sim-

[1] Pour le lithium, on n'a pas observé de doublets, mais bien des raies simples. Si la loi énoncée était valable pour ce métal, l'intervalle de ses doublets serait seulement 0,016 (environ 10 fois moindre que pour le sodium). Il se pourrait que, eu égard au peu de finesse de la plupart des raies, cet intervalle soit trop petit pour qu'on puisse séparer les deux composantes du doublet.

ple dans les autres familles, le sens de la variation de la largeur des groupes est toujours le même.

Indiquons enfin que, dans le cas des métaux alcalins, outre ces doublets à intervalle constant, il en existe d'autres, qui forment aussi une famille naturelle, et qui sont de plus en plus serrés à mesure que l'on avance vers les petites longueurs d'onde. Il en sera question dans le chapitre suivant; ils forment la *série principale* du spectre de ces métaux.

III. — Les séries.

Les groupes que présente un spectre ne sont pas isolés les uns des autres; ils vont se ranger en familles naturelles, que nous appellerons *séries*.

Le premier exemple d'une *série* de raies a été découvert dans le spectre de l'hydrogène. La figure 1 représente ce spectre à l'échelle des fréquences, tel qu'il résulte des mesures de Cornu; l'intensité des diverses raies est grossièrement indiquée par la largeur des traits. Un simple coup d'œil suffit à montrer que les raies ne sont pas jetées au hasard. Les intensités diminuent régulièrement en même temps que les longueurs d'onde, ainsi que la distance de chaque raie à la suivante. Elles semblent tendre vers une limite qui correspondrait à la fréquence 274, ou à la longueur d'onde $364^{\mu\mu},6$. Pour mieux préciser cette distribution régulière, représentons ce spectre par un graphique : les raies seront numérotées de 3 à 15, et, pour chaque raie, nous porterons le numéro d'ordre m en abscisse, et la fréquence N en ordonnée. On voit (fig. 2) que les points se placent sur une courbe parfaitement régulière, qui a une asymptote horizontale.

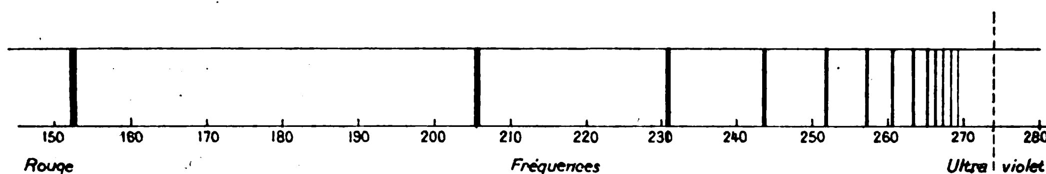


Fig. 1. — *Spectre de l'hydrogène.*

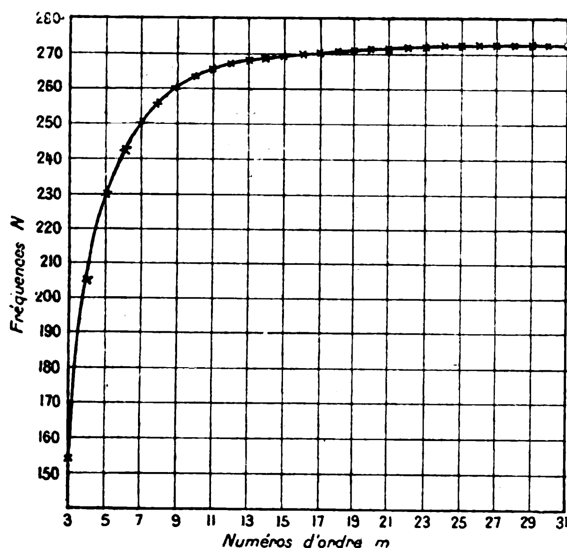


Fig. 2. — *Représentation graphique du spectre de l'hydrogène.*

En 1885, Balmer a montré que cette courbe est *exactement* représentée par l'équation :

$$N = \frac{B}{4} - \frac{B}{m^2},$$

B étant une constante.

Depuis, M. Hale et M. Deslandres ont découvert, dans les spectres des protubérances solaires et de certaines étoiles, 16 autres raies appartenant à la même série, ce qui porte le nombre total à 28, toutes très exactement représentées par la formule de Balmer.

Les spectres des métaux vont présenter des séries tout à fait analogues à celles de l'hydrogène : au lieu de simples raies, les éléments de ces séries seront les doublets ou triplets dont on vient de parler, et un même métal pourra donner plusieurs séries distinctes, liées entre elles par des lois simples. Comme ces séries s'enchevêtrent les unes dans les autres, il a fallu des observations très attentives pour qu'on pût les démêler, tandis que, dans le cas de l'hydrogène, il suffisait, comme l'a fait Cornu, de débarrasser le spectre de toute raie étrangère pour voir apparaître l'unique série dans toute sa simplicité.

Prenons comme exemple le spectre du potassium, dans lequel nous avons déjà découvert des doublets présentant un intervalle constant, que nous désignerons par ν.

L'étude attentive de ce spectre montre que ses raies se divisent, par leur simple aspect, en trois catégories :

1° Raies très brillantes, apparaissant même lorsque la vapeur métallique n'est pas à très haute température, comme dans la flamme d'un brûleur. Elles sont, par suite, facilement renversables. Nous les appellerons raies de la *série principale*.

Les autres raies n'apparaissent qu'à la plus haute température, dans le spectre de l'arc électrique chargé de vapeurs de potassium, par exemple.

On y distingue:

2° Des raies assez larges, mais à bords diffus, surtout du côté du rouge; elles forment ce que Rydberg appelle la *série diffuse*, et Kayser et Runge la *première série secondaire* ;

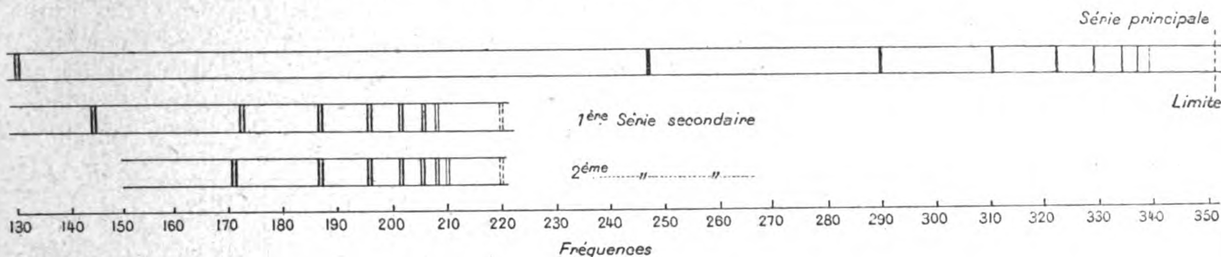


Fig. 3. — *Spectre du potassium.*

3° Des raies fines et d'aspect symétrique, moins brillantes que les précédentes. Elles forment la *série étroite*, ou *deuxième série secondaire*.

La figure 3 représente séparément ces trois séries ; leur superposition représente le spectre complet du potassium, fort embrouillé comme l'on voit.

Dans chaque série, les intensités vont en décroissant à mesure qu'on avance dans l'ultra-violet. Chacune d'elles est analogue, par son aspect, à la série de l'hydrogène.

Considérons d'abord une des séries secondaires, la première, par exemple. Elle est formée de doublets, présentant tous l'intervalle constant ν.

Il suffit donc de considérer une des raies de chaque doublet. En représentant les fréquences de ces raies par un graphique analogue à celui qui nous a servi pour l'hydrogène, on trouvera une courbe de même forme, avec une asymptote horizontale qui correspond à la *limite* de la série (fig. 4, courbe S_1). Cette courbe n'est pas seulement analogue à celle de l'hydrogène : elle lui est presque rigoureusement superposable par deux déplacements parallèles aux axes de coordonnées. On peut donc la représenter par une équation de la forme :

$$N = A - \frac{B}{(m+\mu)^2};$$

A, B et μ sont des constantes, et B a sensiblement la même valeur que dans la formule de Balmer. Cette généralisation de la formule de Balmer est due à Rydberg.

Si l'on avait pris la seconde composante de chaque doublet, on aurait évidemment trouvé la même courbe, déplacée dans le sens vertical de la quantité ν: la constante A serait seule changée en $A + \nu$. Cette courbe n'a pas été représentée sur la figure, pour éviter une trop grande complication. Elle se déduirait de S_1 par un déplacement vers le haut de 0^{mm},3.

La deuxième série secondaire est aussi formée de doublets à intervalle constant ν. Elle sera encore représentée par deux courbes, dont l'une est la courbe S_2 de la figure 4. On passe des deux

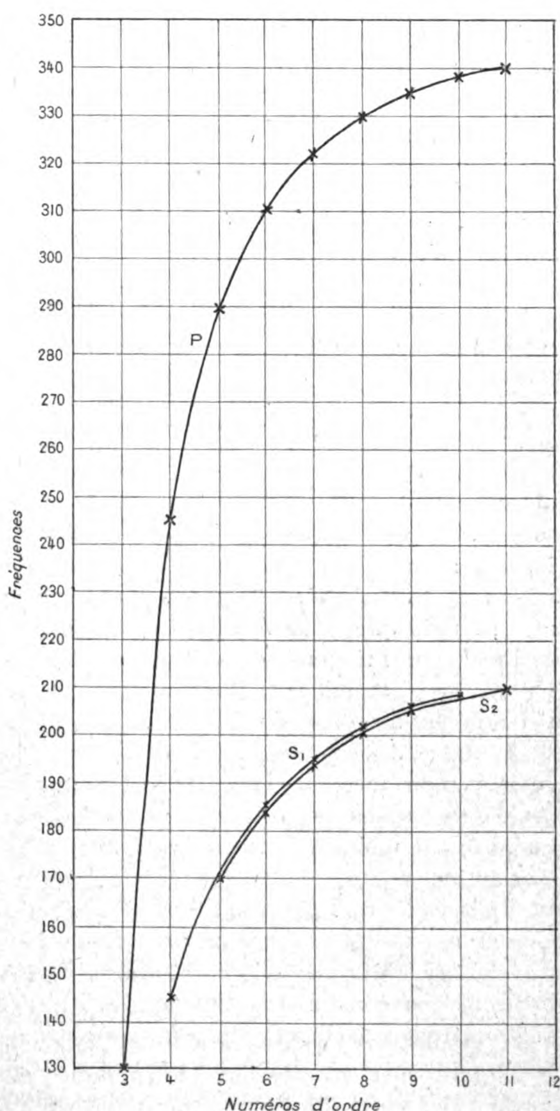


Fig. 4. — *Représentation graphique du spectre du potassium.*

courbes de la première série à celles de la seconde *par un simple déplacement horizontal*. Les asymp-

lotes ne sont pas changées. *Les deux séries secondaires ont les mêmes limites.*

Arrivons enfin à la série principale. Elle se compose de doublets; mais, seul, le premier de ces doublets présente l'intervalle ν. Les autres sont de plus en plus serrés à mesure qu'on avance vers les petites longueurs d'onde, et leur intervalle tend vers zéro[1]. En utilisant encore une fois la même représentation graphique, nous aurons deux nouvelles courbes. Ces deux courbes sont superposables entre elles par un simple déplacement horizontal; elles ont même asymptote, ce qui revient à dire que la largeur des doublets tend vers zéro. On n'a représenté qu'une de ces courbes sur la figure 4 (courbe P). L'autre s'en déduirait par un déplacement horizontal de $0^{mm},02$. Ces deux courbes de la série principale sont, de plus, à très peu près superposables avec celles qui ont servi à représenter les séries secondaires.

On voit qu'une seule courbe, déplacée successivement de quantités convenables dans les deux sens, représente l'ensemble des trois séries de doublets. Toutefois, cette superposition des courbes n'est pas rigoureusement exacte; tandis que, pour l'hydrogène, la formule de Balmer paraît rigoureuse, pour les métaux celle de Rydberg n'est qu'approchée. Kayser et Runge ont donné des formules plus exactes, avec un plus grand nombre de constantes. Ce ne sont que des formules empiriques. La représentation très approchée de toutes les séries par une seule courbe n'en reste pas moins très remarquable.

Les autres métaux alcalins donnent des résultats tout à fait analogues. Il devient très intéressant de comparer ces spectres entre eux. On a déjà vu que la constante ν croît comme le carré du poids atomique. Si l'on compare les *limites* des diverses séries, on trouve qu'elles se déplacent vers le rouge à mesure que les poids atomiques augmentent. Cela est vrai aussi bien pour la limite de la série principale que pour les limites des séries secondaires, comme le montre la figure 5. Ainsi se trouve précisé ce fait énoncé, il y a plus de vingt-cinq ans, par M. Lecoq de Boisbaudran, que les spectres *se déplacent vers le rouge* à mesure que les poids atomiques augmentent, comme si la masse plus grande des atomes rendait leurs mouvements plus lents.

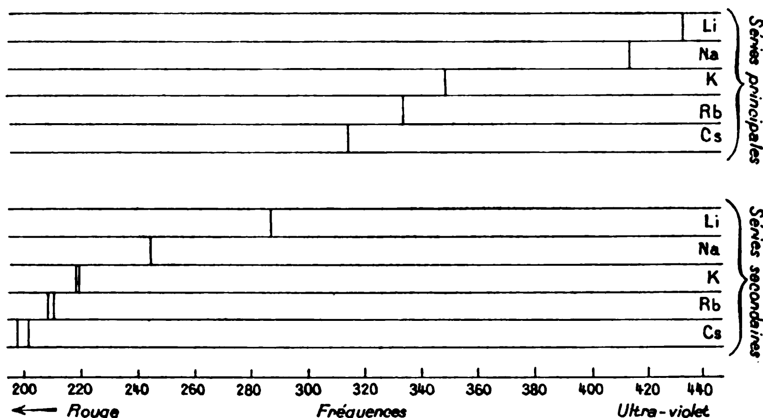


Fig. 5. — *Limites des séries des métaux alcalins.*

D'autres familles naturelles de métaux offrent aussi des spectres réguliers et analogues. Leur structure est analogue à celle des spectres des alcalins; toutefois, la série principale fait défaut ou, du moins, n'est plus représentée que par un seul élément connu. Les doublets sont remplacés par des triplets dans le cas des métaux divalents. On aura donc seulement deux séries formées de groupes (doublets ou triplets) identiques, ce qui est bien le caractère des séries secondaires. Comme pour les métaux alcalins, les limites de ces deux séries sont les mêmes. Dans une même famille naturelle de métaux, ces limites se déplacent vers le rouge à mesure que les poids atomiques croissent, en même temps que les doublets ou triplets s'élargissent.

La représentation de toutes ces séries par une seule *forme* de courbe, plus ou moins déplacée parallèlement aux axes de coordonnées, est un fait des plus remarquables. Si l'on fait abstraction de la position de cette courbe pour ne s'attacher qu'à sa forme, qui seule reste sensiblement invariable, on voit qu'elle est caractérisée par la seule constante B. Il est difficile d'échapper à l'idée que c'est là une des constantes importantes de la Nature, puisqu'elle caractérise, malgré de légères variations, non seulement les propriétés d'un corps ou d'une famille naturelle de corps, mais encore celles de corps simples très divers. Il semble qu'elle représente une *propriété de la matière*, dont la signification simple nous échappe pour le moment.

IV. — Les raies satellites.

Les doublets ou triplets de certains métaux présentent des particularités curieuses, qui méritent plus qu'une simple mention.

Prenons comme exemple le spectre du mercure, où l'on trouve des triplets formant deux séries, la

[1] Sur la figure 3, on n'a pu représenter comme ligne double que le premier doublet de la série principale. Pour les autres, les deux composantes se confondent à l'échelle du dessin.

série diffuse de Rydberg et la série fine. Chaque triplet de la série diffuse est formé non pas de trois raies simples, mais de plusieurs : le premier élément du triplet est formé de quatre raies très voisines, le second de trois raies, et le troisième de deux. On peut considérer chaque élément comme formé d'une raie principale accompagnée de *satellites*. Le même aspect se reproduit pour les divers triplets de la série.

Au contraire, les raies de la série étroite apparaissaient comme des raies simples.

Il se pourrait fort bien que cette simplicité ne fût qu'apparente, et due à ce que les satellites sont trop serrés pour être distingués avec les appareils spectroscopiques ordinaires. Les faits suivants me paraissent venir à l'appui de cette opinion. On sait qu'il y a quelques années, Michelson a indiqué à la fois un moyen pour obtenir des raies métalliques d'une grande finesse (emploi d'une décharge d'induction dans la vapeur à faible pression) et une méthode interférentielle très puissante pour reconnaître si une raie est simple ou accompagnée de satellites très voisins[1]. La position de ces satellites restait, jusqu'à un certain point, indéterminée; un peu plus tard, M. Perot et moi, nous avons fait connaître une méthode qui permet de voir séparément ces satellites, et qui constitue, en définitive, une méthode spectroscopique complète, plus puissante que celles que l'on avait eu à sa disposition jusque-là. L'application de ces méthodes a donné d'abord un résultat inattendu : la plupart des raies étudiées par Michelson se sont montrées complexes, les composantes étant, il est vrai, trop rapprochées pour que les anciens appareils spectroscopiques pussent les séparer. Sur dix raies de métaux étudiées, deux seulement se sont montrées des raies simples. Devant une pareille proportion, on pouvait se demander si le fait était général, et si la majorité des raies spectrales, disséquées, en quelque sorte, par les nouvelles méthodes, allaient se résoudre en une poussière de raies. Les observations ultérieures n'ont pas confirmé cette crainte. Sur dix raies du cadmium étudiées par M. Hamy au moyen de son tube sans électrodes, seules les trois raies étudiées déjà par Michelson se sont montrées complexes. Sur onze raies de divers métaux étudiées par M. Perot et moi, au moyen de notre trembleur à étincelles dans le vide, seule une raie du cuivre ne s'est pas montrée simple.

Or, il se trouve justement que les raies complexes de Michelson appartiennent à la série étroite de Rydberg, et ce sont celles-là qu'il a étudiées parce que c'est dans cette série que se trouvent les raies les plus brillantes du spectre visible.

On peut donc penser, au moins comme hypothèse vraisemblable, que toutes les raies des séries secondaires sont accompagnées de satellites : celles de la série diffuse, de satellites assez écartés pour être distingués avec les appareils spectroscopiques ordinaires; celles de la série étroite, de satellites très voisins. Tous les satellites paraissent avoir cette propriété commune de présenter un éclat très variable suivant les conditions de l'émission (température, pression, nature du courant électrique, etc.). C'est un fait que nous avons maintes fois constaté, M. Perot et moi, dans le cas des satellites des raies de Michelson, et qui est probablement vrai aussi pour les satellites plus anciennement connus de la série diffuse : une raie de l'argent, de longueur d'onde 547,2, disparait complètement dans le cas d'étincelles dans le vide, tandis qu'elle est d'intensité très notable lorsque les étincelles se produisent dans l'air; or, cette raie est un satellite de la raie 546,6.

La classification des raies n'est pas toujours aussi complète que pour les métaux alcalins : pour ceux-ci, toutes les raies rentrent dans les trois séries de doublets; pour les autres métaux, il reste un nombre plus ou moins grand de raies en dehors de toute classification. En général, les raies qui font partie des séries régulières sont celles qui apparaissent à température relativement basse (*raies longues* de Lockyer); parmi elles, se trouvent les raies spontanément renversables de Cornu. Dans les spectres d'étincelles, qui correspondent probablement à une température d'émission plus élevée, le nombre des raies est notablement plus grand, et le nombre des raies classées ne forme plus qu'une faible fraction du nombre total.

Enfin, un certain nombre de métaux donnent des spectres extrêmement complexes, dont les raies ont échappé jusqu'ici à toute classification; tels sont les métaux de la famille du fer (Fe, Ni, Co, Mn). Faut-il admettre que la structure est autre que pour les métaux étudiés plus haut, ou que l'enchevêtrement des séries est tel qu'on n'a pas pu les débrouiller? Le problème serait bien simplifié si l'on avait un critérium permettant de reconnaître les raies analogues. Leur aspect ne donne qu'un renseignement bien insuffisant. Il faudrait arriver à une étude des *propriétés* des diverses raies. On connaît jusqu'ici deux phénomènes qui produisent des altérations de longueurs d'onde : l'accroissement de pression du gaz ambiant (Humphreys et Mohler) et la production d'un champ magnétique (Zeeman). L'étude de ces deux phénomènes est à peine commencée; ils ont, cependant, déjà fourni des résultats très intéressants au point de vue de la classification des raies.

[1] A. Michelson : Les méthodes interférentielles en Métrologie, dans la *Revue générale des Sciences* du 30 juin 1893, t. IV, p. 369.

V. — Phénomène de Zeeman.

La présence d'un champ magnétique modifie profondément l'émission de la lumière par les gaz; chaque raie se transforme en un groupe de raies, diversement polarisées, et dont l'écartement va en croissant avec l'intensité du champ magnétique. Tel est le fait, d'importance capitale, découvert par Zeeman.

Le détail du phénomène a paru, aux premiers observateurs qui en ont abordé l'étude, d'une complexité presque décourageante; chaque raie paraissait se comporter d'une façon spéciale, sans aucun lien avec la conduite des autres. Les travaux de Cornu, Michelson, Preston, et surtout de Runge et Paschen ont fini par mettre de l'ordre dans ce chaos, et par tout ramener à des lois simples, du moins pour les raies qui font partie des séries régulières.

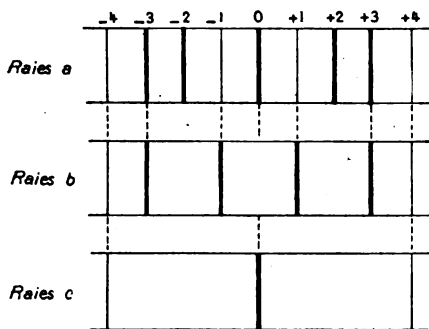


Fig. 6. — *Action d'un champ magnétique sur les raies du mercure appartenant à la série étroite.*

Les diverses raies qui composent une même série se comportent d'une façon identique, à tel point que, si l'on représente chaque raie par sa fréquence, ces diverses lignes se transformeront, dans le même champ magnétique, en groupes *superposables*. Il existe, en outre, des relations simples entre les façons différentes dont se comportent les différentes séries. Raisonnons sur un exemple et considérons le spectre du mercure. Les *raies étroites* de Rydberg constituent une série de triplets, ou, si l'on veut, 3 séries parallèles de raies simples, que l'on peut désigner par a, b, c: dans chaque triplet, la raie a est celle qui a la plus grande longueur d'onde. Prenons une raie a. Elle se décompose, dans un champ magnétique perpendiculaire à la direction de l'émission, en 9 composantes équidistantes (fig. 6), symétriquement placées par rapport à la raie simple primitive. On peut les désigner par les chiffres : 0 (raie centrale) $+1, +2, +3, +4$ (à droite), $-1, -2, -3, -4$ (à gauche). Les raies $+1$ et -1 ; $+2$ et -2, etc., sont de même intensité et polarisées de la même manière. Les raies 2, 3, 4 sont polarisées dans le plan des lignes de force; les raies 0, 1, 2 dans le plan perpendiculaire.

Une seule constante numérique définit la disposition de ce groupe compliqué, à savoir la distance de 2 raies consécutives.

Les raies b et c donnent des groupes d'aspects différents, mais qui peuvent être considérés comme des simplifications du groupe de 9 raies. Sans changer les intervalles ni les directions de polarisation, il suffit de modifier les intensités des raies et d'en effacer quelques-unes. La figure 6 donne la forme de ces groupes. On peut dire, en résumé, que toutes les *raies étroites* du mercure donnent, dans un même champ magnétique, le même groupement de 9 raies équidistantes, mais différant seulement par l'intensité relative des diverses raies, quelques-unes pouvant se réduire à zéro.

Sans pouvoir exposer ici, faute de place, les résultats analogues obtenus dans d'autres cas, cet exemple suffira à montrer quelle simplicité introduit, dans l'étude de ce phénomène si délicat, la classification en séries. Ce sont bien des familles naturelles, dont les divers membres se comportent d'une façon identique dans les mêmes circonstances. On peut espérer qu'inversement, l'étude du phénomène de Zeeman dans le cas des spectres non encore débrouillés aidera beaucoup à reconnaître les membres d'une même famille. Mais c'est un travail qui demandera beaucoup de temps, puisqu'il s'agit de faire une étude individuelle et délicate sur des raies qui se comptent par milliers. A ce point de vue, quelques résultats intéressants, obtenus par MM. Becquerel et Deslandres sur le spectre du fer, permettent d'affirmer que ce travail ne sera pas improductif.

L'étude du phénomène de Humphreys et Mohler (déplacement des raies sous l'influence de la pression) est encore moins avancée. On entrevoit cependant déjà que les raies analogues se comportent de la même façon.

VI. — Spectres d'absorption et spectres de bandes.

La loi de Kirchhoff établit un lien entre les spectres d'émission et les spectres d'absorption : à un spectre d'émission on peut, dans beaucoup de cas, faire correspondre un spectre d'absorption, qui en est le *renversement*, en d'autres termes, qui se compose de raies se détachant en sombre sur le fond brillant d'un spectre continu, et occupant la place des raies brillantes du spectre d'émission.

Les faits matériels qui ont conduit Kirchhoff à la découverte de la loi qui porte son nom n'ont certainement pas changé depuis trente ans; il existe

toujours dans le spectre solaire les deux raies D, occupant exactement la place de nos deux raies du sodium; on y trouve toujours des milliers de raies dont chacune occupe exactement la place d'une raie brillante du spectre du fer, et ces faits n'ont rien perdu de leur intérêt. Cependant, la relation numérique énoncée par Kirchhoff ne paraît plus aussi générale qu'autrefois. Kirchhoff traitait comme des cas particuliers, explicitement exclus de ses raisonnements, tous les cas où des corps sont lumineux indépendamment de leur température, où l'énergie rayonnée est empruntée à une autre source que l'énergie calorifique du corps rayonnant. C'est le cas d'un morceau de phosphore, exposé à l'air, et lumineux quoique froid; c'est le cas des corps *phosphorescents, fluorescents*. On donne aujourd'hui le nom de *luminescence* à toute émission de ce genre, réservant celui d'*incandescence* au cas de l'émission par la chaleur seule (par exemple l'émission produite par un morceau de fer rouge). Les raisonnements de Kirchhoff s'appliquent aux corps incandescents, et pas du tout aux corps luminescents. Or, ce qui semblait une exception, presque une curiosité, est peut-être, au contraire, un cas très fréquent. D'après les travaux récents des physiciens de l'École allemande, l'émission des gaz serait le plus souvent due à un phénomène de luminescence, et non d'incandescence. L'illumination d'un gaz par les décharges électriques ne serait nullement liée à l'élévation de température (parfois d'ailleurs assez problématique) du gaz. Une flamme d'alcool salé serait *luminescente*, c'est-à-dire que de la vapeur de sodium pure, de même densité et à la même température que celle qui existe dans la flamme, serait bien moins lumineuse que celle-ci. S'il en est ainsi, la règle de Kirchhoff appliquée aux gaz se réduit à ceci : si un gaz peut, *par luminescence*, émettre une certaine radiation, il arrive souvent qu'il est également capable de l'absorber. Cela n'est peut-être pas toujours vrai, car on connaît beaucoup de raies brillantes dont on n'a jamais observé le renversement.

Inversement, on connaît bien des spectres d'absorption auxquels ne correspond aucun spectre d'émission connu. Tel est le remarquable spectre d'absorption de l'oxygène, qui donne lieu aux groupes *telluriques* A, B et α du spectre solaire. De l'oxygène chauffé au-dessus du rouge donnerait-il le spectre d'émission correspondant? On ne l'a jamais observé, et cela est fort douteux. On peut même se demander si, à température élevée, le spectre d'absorption de l'oxygène ne s'évanouirait pas. En fait, le peu que l'on sait sur les propriétés absorbantes des gaz semble indiquer que ces propriétés se modifient avec la température. La vapeur d'iode devient incolore au rouge, et il n'y a pas d'absurdité à penser que l'oxygène cesserait d'absorber les radiations A, B et α à température suffisamment élevée. Cela expliquerait les deux faits suivants, qui, sans cela, seraient contradictoires : Les raies A, B, α semblent purement telluriques, et cependant l'existence de l'oxygène dans le Soleil semble bien démontrée par la présence, dans le spectre solaire, de raies noires, non telluriques, correspondant à des raies de l'un des spectres d'émission de ce gaz, et qui feraient partie de son spectre d'absorption à haute température.

Ces spectres d'absorption dont on ne connaît pas le spectre inverse sont, le plus souvent, des *spectres de bandes*, formés d'un très grand nombre de raies groupées dans un espace assez restreint. Chacun de ces espaces sillonnés de raies s'appelle une *bande*, mais il arrive quelquefois que les bandes, plus nombreuses ou plus serrées, empiètent les unes sur les autres, ce qui donne de grandes complications. Souvent, la disposition des raies dans une bande présente une remarquable régularité. La figure 7 représente la bande d'absorption de l'oxygène qui, dans le spectre solaire, forme le groupe A. On voit que la disposition des raies justifie cette phrase de Langley : « Lorsqu'après avoir parcouru le spectre solaire on arrive à l'un de ces groupes (A ou B), on éprouve la même impression qu'aurait un voyageur qui, après avoir longtemps erré dans une forêt vierge, arriverait tout à coup dans un parc bien dessiné. »

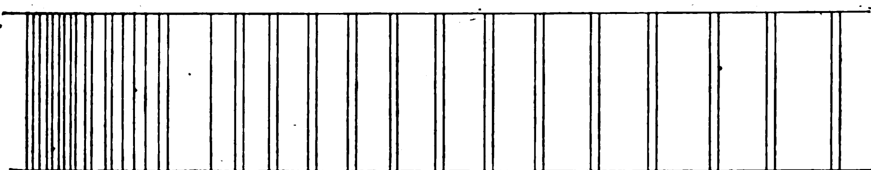


Fig. 7. — *Spectre d'absorption de l'oxygène (bande A).*

Plusieurs spectres d'émission présentent aussi cet aspect de bandes. Parmi les plus beaux, il faut citer les spectres du carbone et du cyanogène, tels qu'ils sont émis par l'arc électrique. Les raies s'y comptent par milliers, et leur arrangement offre une remarquable régularité, qui n'exclut pas une extrême complication.

Malgré cette régularité, plus facile à saisir que dans les spectres de lignes, les spectres de bandes sont moins connus. Il est vrai que le nombre des raies étant bien plus grand, les matériaux sont plus longs à réunir, et que les lois numériques

doivent satisfaire à des conditions plus étroites.

La structure d'une bande est ordinairement la suivante : elle commence brusquement en un point du spectre, que l'on appelle la *tête* ou l'*arête* de la bande. En partant de l'arête, on rencontre d'abord les raies les plus brillantes et les plus serrées. A mesure que l'on s'éloigne de l'arête, les raies deviennent plus faibles, et vont en s'écartant les unes des autres. Tantôt les raies vont, à partir de la tête, vers le rouge, le plus souvent vers le violet.

Avec une dispersion très faible, un pareil ensemble apparaîtra comme une *bande* présentant un bord net (l'arête), et l'autre bord diffus.

Cette disposition de raies rappelle, mais avec de très grandes différences, la disposition des *séries* dans les spectres de lignes. Dans les spectres de lignes, les raies vont aussi en se resserrant à mesure qu'on approche de la *limite* de la série; mais elles paraissent être en nombre infini, d'éclat décroissant, tandis que, dans une bande, on a, en approchant de la tête, un nombre fini de raies, d'éclat croissant.

Souvent, d'une même arête partent non pas une seule, mais deux ou trois séries de raies, rangées toutes du même côté de l'arête, et distribuées d'une façon analogue, mais non identique. Il en résulte des aspects très compliqués de doublets et de triplets; si, par exemple, on a deux séries distribuées à partir de la même arête, mais avec des écartements légèrements différents, on aura des raies alternativement doubles et simples, par suite du chevauchement des deux séries. S'il y a trois séries, la complication peut devenir inextricable, d'autant plus qu'aucun caractère ne distingue les raies de ces trois séries, dont chacune peut comprendre des centaines de raies. On a déjà vu, dans les spectres de lignes, des séries converger vers la même limite, mais avec une complication bien moindre, bien que le nombre des lignes soit théoriquement infini.

On ne peut s'étonner, devant une pareille complication, que l'étude de ces bandes ait tenté peu d'observateurs.

Dans un beau travail sur le spectre de bandes de l'azote, M. Deslandres est arrivé à cette conclusion que, dans chaque série, les fréquences sont exprimées par une formule de la forme : $N = a + bm^2$, a et b étant deux constantes, et N la fréquence de la raie numérotée m. Il revient sensiblement au même de dire que les intervalles des raies successives croissent en progression arithmétique. D'une même arête partent jusqu'à quatre séries analogues, mais avec des coefficients différents.

Partant de l'arête d'une bande, si l'on avance du côté où se trouvent les raies de cette bande, on trouve généralement une seconde arête, à une distance plus ou moins grande de la première. Quelquefois, cette seconde arête se trouve à distance assez grande de la première pour que les raies issues de celle-ci soient déjà très affaiblies, et alors on peut dire qu'il n'y a pas d'empiétement; mais ,souvent, il n'en est pas ainsi, et les séries issues des deux arêtes s'enchevêtrent plus ou moins. Après cette seconde arête, on en trouvera une troisième, et ainsi de suite. Toutes les bandes issues de ces diverses arêtes forment un groupe de bandes, dont l'aspect peut devenir très confus. Aussi, plusieurs observateurs se sont-ils bornés à déterminer la position des arêtes, que l'on reconnaît assez facilement à la plus grande densité et au plus grand éclat des raies qui en sont issues. On trouve que la répartition de ces arêtes est analogue à celle des raies dans une bande : La première arête est la plus brillante; à partir de celle-là, les arêtes successives vont en s'écartant les unes des autres.

Il est évident, d'après cela, que toutes les raies d'un groupe de bandes forment un ensemble coordonné, que l'on peut essayer de représenter par une seule formule. Les formules simples, telles que celles de M. Deslandres, ne donnent que des résultats approchés lorsque le nombre des raies à représenter est très grand. Un essai de représentation exacte, fait par M. Thiele pour une des bandes du carbone, a conduit à des formules excessivement compliquées, qui ne peuvent plus avoir que la valeur de formules empiriques.

VII. — Conclusion.

Quels que soient les résultats déjà acquis, le problème de la répartition des raies dans les spectres est, on le voit, loin d'être entièrement résolu. Il resterait encore à se demander quelle est l'explication des lois expérimentalement trouvées, quelles en sont les conséquences au point de vue de la théorie de l'émission de la lumière. Ce côté théorique de la question est encore à peine ébauché, et l'on peut se demander si toute spéculation de ce genre ne serait pas prématurée. Sans doute, il ne serait pas impossible d'imaginer des systèmes vibrants capables de produire les vibrations que nous trouvons dans tel ou tel spectre, mais cet exercice d'imagination aurait-il une influence notable sur les progrès de la Spectroscopie?

Signalons toutefois quelques recherches ingénieuses faites dans cette voie par M. Stoney, qui a indiqué quelques rapprochements curieux entre les mouvements planétaires et ceux qu'il faut supposer pour expliquer les spectres ; malgré l'ingéniosité de ces rapprochements, on ne voit pas très

bien la cause de ces mouvements astro-moléculaires. Plus récemment, M. W. Sutherland a essayé de rattacher les lois des spectres réguliers à la théorie des ions, à laquelle la découverte de Zeeman avait apporté une si éclatante confirmation. Je dois me borner à signaler ces tentatives, désirant rester ici entièrement dans le domaine des faits.

Dans le cas des spectres d'absorption, le problème peut être présenté à un autre point de vue. Quoique beaucoup de ces spectres se présentent sous la forme de raies noires très fines, l'absorption n'en est pas moins une fonction continue de la longueur d'onde, rapidement variable, il est vrai, au voisinage de certaines valeurs. On ne serait réellement fixé d'une façon définitive sur les propriétés absorbantes d'un gaz que si l'on connaissait complétement la loi de variation du pouvoir absorbant en fonction de la longueur d'onde, tandis que la position des raies noires n'indique que la position des maxima de cette fonction. Ainsi posé, le problème devient solidaire d'un autre, celui de la dispersion anomale. Les propriétés optiques, relatives à une radiation monochromatique, d'un milieu isotrope sont caractérisées par deux constantes : son *indice de réfraction*, qui définit la vitesse de propagation de l'onde lumineuse, et son *indice d'extinction* ou son pouvoir absorbant, qui définit l'amortissement de cette onde à mesure qu'elle se propage. Ces deux quantités sont fonctions de la longueur d'onde. De nombreux travaux ont montré qu'elles ne sont nullement indépendantes l'une de l'autre; les fluctuations du pouvoir absorbant se traduisent par des inflexions de la courbe d'indice. L'étude de l'une des variables ne peut être rationnellement disjointe de celle de l'autre. Même le cas de la dispersion ordinaire, celle des substances vitreuses incolores, peut être rattaché à celui-là, car les corps transparents ne diffèrent probablement des absorbants que par la position particulière de leurs bandes d'absorption, situées en dehors des parties du spectre que nous étudions le plus facilement. On peut espérer que l'étude approfondie des spectres aidera un jour à perfectionner la théorie de la dispersion, ébauchée par Cauchy il y a plus de soixante ans, mais encore assez peu avancée aujourd'hui.

Ch. Fabry.
Professeur adjoint
à la Faculté des Sciences de Marseille

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE[1]

IV. — LE RETOUR A L'ATOMISME ET AU CARTÉSIANISME

I. — La Mécanique de Hertz.

Nous avons suivi, jusqu'ici, les tentatives par lesquelles les géomètres se sont efforcés de réduire tous les phénomènes de la Nature inanimée à des mouvements, sensibles ou cachés, soumis aux équations de Lagrange.

Indépendamment des concepts purement géométriques, ces équations font intervenir un certain nombre de notions, regardées comme premières et irréductibles. On peut en distinguer quatre, qui sont essentielles : ce sont le mouvement absolu, le temps, la masse, la force. Ces notions, étrangères à la Géométrie, sont un fardeau insupportable à ceux qui ne voudraient voir dans la Nature « que l'étendue et son changement tout nud ». Ceux-là font des efforts désespérés pour débarrasser la Mécanique de ce bagage d'idées non géométriques et, particulièrement, de la plus métaphysique d'entre elles, de la notion de *force*.

Assurément, à l'égard de l'existence réelle de la force, tous les physiciens n'éprouvent pas cette insurmontable répugnance; il en est qui admettent très explicitement cette réalité : « Les attractions qui produisent les phénomènes astronomiques, dit Athanase Dupré[1], les attractions moléculaires qui s'y rattachent, suivent des lois imposées à la Nature par la volonté toute-puissante et immuable du Créateur. » Hirn, plus formel encore, déclare[2] que « la force n'est ni un être de raison, ni une qualité de la matière, comme on le dit souvent; elle existe au même titre que la matière et est un principe constituant spécial de l'Univers ».

Mais, si quelques physiciens admettent l'existence réelle de la force, s'ils y voient même, avec Leibniz, quelque chose « qui aye du rapport aux âmes », ils sont sans doute moins nombreux que ceux qui se refusent à admettre l'idée de force comme une notion première.

Parmi ceux-ci, il en est, comme de Saint-Venant

[1] Voyez les trois premières parties de cette étude dans la *Revue* des 30 janvier 1903, p. 63, 15 février, p. 119 et 28 février, p. 171.

[1] Athanase Dupré : *Théorie mécanique de la Chaleur*, chapitre I, p. 1; Paris, 1869.

[2] Hirn : *Théorie mécanique de la Chaleur. Conséquences philosophiques et métaphysiques de la Thermodynamique*, p. 65; Paris, 1868.

et Kirchhoff, qui conservent tout de la Mécanique de Lagrange, mais en y regardant simplement la notion de force comme une notion dérivée; qui, dans le produit de la masse d'un point matériel par son accélération, veulent voir non pas un symbole quantitatif capable de représenter les diverses intensités de la force, de lui servir de mesure, mais la définition même de la force. Ils ont quelque peine à conduire logiquement jusqu'aux applications physiques leur doctrine purement nominaliste, à éviter la rentrée plus ou moins tardive du concept qu'ils ont chassé des débuts de la Mécanique. A partir d'égalités qui sont vraies *par définition*, leur Dynamique se déroule avec un ordre parfait et un enchaînement impeccable ; mais ce qui fait sa rigueur fait aussi sa stérilité, car elle n'écrit que des identités; pour transformer ces identités en jugements synthétiques qui nous apprennent quelque chose sur les corps et leurs mouvements, il lui faut briser sa rigidité analytique; au moment de traiter des forces particulières que considère le physicien, il lui faut reprendre toutes les intuitions expérimentales dont elle avait, à ses débuts, dépouillé la notion générale de force. Aussi cette méthode est-elle surtout en faveur auprès de ceux qui, après avoir exposé une Mécanique rationnelle aussi rigoureuse qu'inféconde, abandonnent, au seuil de la Physique, leurs disciples ignorants des difficultés qu'ils vont rencontrer et des méthodes qui les peuvent résoudre.

D'autres, avec Hertz, reprenant les préceptes des Cartésiens et des Atomistes, veulent pousser l'explication des phénomènes physiques plus loin que la réduction aux équations de Lagrange; ils entendent bien ne s'arrêter dans leur analyse qu'après avoir réduit toutes les transformations de la matière inanimée à la figure, au mouvement et à la masse.

C'est encore, cependant, la Mécanique de d'Alembert et de Lagrange qui leur fournit les moyens de construire une explication du Monde avec ces seuls éléments.

Cette Dynamique, en effet, ne considère pas seulement des forces réelles, mais encore des combinaisons mathématiques qui sont homogènes aux forces, qui se mesurent en unités de force, qui jouent dans les équations le rôle de forces, qui sont, en un mot, des *forces fictives*; telles sont les forces de liaison et les forces d'inertie.

De là cette conséquence : Lorsque l'expérience nous manifeste des effets qui nous semblent découler de forces réelles, il peut se faire que nous nous trompions, que nous ayons affaire à des forces apparentes, à des forces de liaison dues à la présence d'un corps que nous ne voyons pas ou à des forces d'inertie provenant d'un mouvement que nous ne soupçonnons pas. Celui qui, tirant un corps auquel un autre corps est relié par un fil invisible, verrait le second corps suivre le premier, croirait à une attraction réciproque entre ces deux corps; il se tromperait et aurait affaire à une force de liaison produite par une masse cachée. Celui qui, ignorant le mouvement de rotation qui anime un gyroscope, essaierait de dévier l'axe de l'instrument et éprouverait une vive résistance, penserait qu'un couple réel tend à maintenir cet axe dans une direction invariable; il se tromperait et aurait affaire à une force d'inertie engendrée par un mouvement caché.

Selon Maxwell, les physiciens étaient, depuis Ampère, victimes d'une illusion de ce genre lorsqu'ils regardaient les forces électrodynamiques et électromagnétiques comme des forces réelles. Ainsi que nous l'avons vu précédemment, le grand physicien écossais regarde ces actions comme des forces d'inertie; soit qu'il imagine, au sein des cellules, un fluide animé de rapides mouvements giratoires et auquel seraient appliquées ces forces d'inertie; soit qu'il tire cette interprétation de la seule inspection des formules de l'Électrodynamique.

Dans les théories électriques de Maxwell, plusieurs des forces que les physiciens regardaient comme des forces réelles sont donc traitées comme des forces d'inertie; certains termes, que l'on portait au compte du potentiel interne, sont désormais attribués à la force vive; toutefois, ni les forces réelles, ni le potentiel interne ne sont complètement biffés. Le solide élastique qui forme les parois des cellules admet un potentiel interne qui varie avec les déformations de ces parois; ainsi naissent des forces réelles qui sont les forces électrostatiques. Lorsque Maxwell, abandonnant l'hypothèse des cellules, se borne à donner des lois de l'électricité une expression qui rappelle les équations de Lagrange, il continue à regarder le potentiel électrostatique comme représentant un véritable potentiel interne, et non pas une partie de la force vive.

Le potentiel interne et les forces réelles qui en découlent sont, au contraire, complètement exclus de la construction de l'éther auquel W. Thomson attribue la propagation de la lumière.

A la suite des recherches de Fresnel, Cauchy, Green, Neumann, Lamé avaient attribué à l'éther des propriétés semblables à celle d'un solide élastique; cet éther possédait un potentiel interne qui dépendait des déformations subies par le milieu. Or, l'hypothèse d'un semblable éther se heurte à de graves difficultés.

Pour que les petits mouvements d'un tel milieu puissent rendre compte des phénomènes lumineux, il faut que les vibrations longitudinales ne puissent pas s'y propager, tandis que les vibrations trans-

versales s'y propageraient avec la vitesse de la lumière. Mais un milieu élastique qui posséderait cette double propriété de transmettre les vibrations transversales avec une vitesse finie et de ne pas transmettre les vibrations longitudinales, est un milieu dont on ne saurait concevoir l'existence; si l'on prenait une portion de ce milieu et si l'on essayait de la maintenir en équilibre par des pressions constantes appliquées à la surface qui la termine, on n'obtiendrait qu'un état d'équilibre instable.

Si donc on veut donner une explication mécanique des phénomènes lumineux, on devra attribuer au milieu éthéré chargé de les propager une constitution fort différente de celle que lui accordaient les géomètres au début du XIXe siècle.

W. Thomson a imaginé[1] un éther absolument distinct de celui que ses devanciers avaient conçu. Cet éther est formé de petites masses solides, distinctes les uns des autres, et qui n'exercent les unes sur les autres aucune force réelle, en sorte que le potentiel interne du milieu est toujours nul. Chacune de ces petites masses tourne avec une grande vitesse autour d'un axe passant par un de ses points, à la façon d'un petit *gyroscope* de Foucault; ce mouvement engendre un couple d'inertie qui oppose une énergique résistance à toute action tendant à dévier l'axe de rotation, tandis qu'il ne gêne nullement un mouvement par lequel cet axe se déplace parallèlement à lui-même. L'éther *adynamique* et *gyrostatique* ainsi constitué est infiniment compressible, mais il réagit contre toute cause qui tend à imprimer une rotation à quelqu'une de ses parties. Il ne transmet pas les ondes longitudinales, tandis qu'il transmet les ondes transversales avec une vitesse très grande, mais finie, comme l'exige la théorie de la lumière.

La conception de l'éther adynamique et gyrostatique mériterait assurément une discussion approfondie. Cette hypothèse possède-t-elle bien les avantages qu'on lui prête? Évite-t-elle bien les objections, relatives à la stabilité, auxquelles se heurtait l'hypothèse de l'éther élastique? Ne se borne-t-elle pas à passer sous silence l'examen de cette question de stabilité qui, dans ce cas, d'ailleurs, semble mal commode à aborder par une méthode rigoureuse? Autant de problèmes qui vaudraient la peine que nous nous y arrêtions, si nous voulions analyser pour elle-même la théorie de W. Thomson. Mais tel n'est point notre objet; cette théorie n'est mentionnée ici que comme un acheminement à la Mécanique de Hertz.

La Mécanique de Hertz, en effet, c'est l'extension à l'Univers physique tout entier des idées que W. Thomson avait appliquées au seul éther[1].

De sa Mécanique, Hertz supprime entièrement la force réelle. Le monde est formé de corps dont chaque élément a une masse invariable et une vitesse variable. On peut donc, pour chacun de ces éléments, considérer une ligne dirigée en sens inverse de l'accélération et égale au produit de cette accélération par la masse de l'élément. Cette grandeur, on peut, par pure habitude de langage, lui donner le nom de *force d'inertie*; on peut aussi, à chaque instant, former à la manière habituelle la force vive du système; de l'expression de celle-ci, les diverses forces d'inertie se tirent encore par les formules de Lagrange.

Les divers corps que l'on considère sont assujettis à des liaisons; ici, comme dans la Mécanique de Lagrange, un déplacement virtuel est un déplacement infiniment petit qui respecte les liaisons.

Voici alors le postulat fondamental d'où l'on tirera toute la Mécanique : A chaque instant, les forces d'inertie appliquées à un système indépendant sont telles que tout déplacement virtuel imposé au système les contraint d'effectuer un travail nul.

Ce postulat, à la vérité, Hertz l'énonce sous une forme originale, qui semble très différente de celle-là; mais la différence est tout extérieure et, pour ainsi dire, de langage; l'hypothèse fondamentale de Hertz et celle que nous venons de formuler se traduisent exactement par les mêmes équations.

Ces équations ont la forme donnée par Lagrange aux équations de la Dynamique; seulement, il n'y figure plus aucune force réelle; les forces qui y figurent sont de pures expressions mathématiques, des forces fictives comme les forces d'inertie ou les forces de liaison.

Comment pourra-t-on, avec ces équations qui n'admettent plus aucune force réelle, ni extérieure, ni intérieure, rendre compte des mouvements que l'on représente ordinairement par des équations de même forme, mais portant sur des forces réelles? Partout où, dans les équations du mouvement d'un système, figurent des forces regardées jusqu'ici comme réelles, on conservera les termes qui les représentent, mais on regardera ces termes comme exprimant des forces fictives, forces d'inertie engendrées par des mouvements cachés ou forces de liaison dues à la présence de masses

[1] W. THOMSON : On a gyrostatic adynamic constitution for « Ether » (*Edinburgh Royal Society Proceedings*, 17 mars 1890. — *Scientific Papers*, vol. III, p. 467).

[1] HEINRICH HERTZ : *Die Principien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*: Leipzig, 1894. — Au sujet de la Mécanique de Hertz, voir : H. POINCARÉ, Les idées de Hertz sur la Mécanique (*Revue gén. des Sciences*, t. VIII, p. 734; 1897).

cachées. En d'autres termes, on appliquera, d'une manière entièrement générale, le procédé employé par Maxwell pour rendre compte des actions électrodynamiques. On obtiendra ainsi une Mécanique où seront encore considérés des temps, des figures, des mouvements et des masses, mais d'où la notion de force aura été rigoureusement bannie; une Mécanique capable de satisfaire les philosophes atomistes, disciples de Gassendi et de Huygens.

« Mais, dit Huygens[1], la plus grande difficulté consiste à faire voir comment tant de choses diverses sont effectuées par ces seuls principes. »

C'est, en effet, en la suivant jusqu'au détail des phénomènes que l'on peut apprécier exactement la valeur d'une théorie mécanique ; telle doctrine, dont les principes généraux sont fort beaux et fort logiquement enchaînés, se perd en d'inextricables complications, en d'insaisissables subtilités lorsqu'elle veut comparer les conséquences de ses déductions à la moindre des lois naturelles. La Physique Newtonienne était un édifice admirable lorsque Boscovich en traçait le plan d'ensemble; elle s'est écroulée lorsque Poisson a voulu en tirer l'explication des phénomènes capillaires.

La mort n'a pas laissé à Hertz le temps d'appliquer ses principes généraux de Mécanique à des problèmes particuliers. « Il est obligé de supposer, dit Helmholtz[2], qu'il existe un grand nombre de masses ne tombant pas sous les sens, de mouvements invisibles de ces masses, afin d'expliquer l'existence de forces entre corps non contigus. Malheureusement, il n'a donné aucun exemple capable de montrer comment il concevait ces sortes de termes intermédiaires. Il est évident qu'il aurait été obligé de faire appel à un nombre considérable de forces fictives, pour rendre compte des actions physiques les plus simples. »

Cette tâche, que Hertz n'a pu accomplir, n'a trouvé jusqu'ici aucun ouvrier qui la mène à bonne fin. « Nous conserverons dans la considération du choc des molécules, dit M. Boltzmann au début de ses *Leçons sur la Théorie des gaz*[3], l'ancienne distinction entre les énergies potentielle et cinétique. Cette distinction n'atteint pas la nature des choses. Les suppositions que nous ferons sur l'action des molécules pendant un choc ont un caractère tout à fait provisoire et feront certainement place à d'autres plus tard. J'ai eu un instant la tentation d'ébaucher une théorie où les forces agissant pendant le choc seraient remplacées par de simples équations de condition (au sens de la Mécanique posthume de Hertz), plus générales que celles du choc élastique; j'y ai renoncé à cause des nouvelles suppositions arbitraires qu'il aurait encore fallu faire. »

Faute d'avoir été appliquée jusqu'au bout à des problèmes précis, faute d'avoir été suivie jusqu'à la détermination des masses cachées, des mouvements cachés, qui doivent expliquer telle ou telle force prise à tort pour action réelle, la Mécanique de Hertz est, jusqu'ici, moins une doctrine que le projet, que le programme d'une doctrine. Ce programme lui-même se réduit, en dernière analyse, à cette affirmation : Toutes les forces que l'on introduit ordinairement dans les équations de la Dynamique peuvent être regardées comme des forces de liaison dues à certains corps hypothétiques ou comme des forces d'inertie produites par certains mouvements supposés. Pour que cette affirmation eût quelque portée, il serait bon qu'elle fût accompagnée de l'indication d'une méthode propre à déterminer ces corps et ces mouvements lorsqu'on connaît les forces qu'ils sont appelés à remplacer. Or, cette indication même fait défaut.

La Mécanique de Hertz laisse donc entièrement indéterminés les mouvements cachés, les masses cachées qui doivent expliquer les forces de la Nature. Dans ces conditions, comment prouverait-on qu'une certaine force est inexplicable par ces masses et ces mouvements? On ne saurait trouver dans l'expérience des arguments pour convaincre d'erreur celui qui croit en la Mécanique de Hertz.

II. — L'ATOME-TOURBILLON.

La Mécanique de Hertz débarrasse l'explication du Monde physique de la notion de force regardée comme une notion première et irréductible. Est-ce le terme auquel doivent nécessairement s'arrêter les géomètres dans ce long effort pour réduire au minimum le nombre des éléments essentiels de toute théorie physique? Ne peuvent-ils pousser plus loin encore leur œuvre de simplification? La plupart des théories qui s'efforcent d'expliquer mécaniquement les phénomènes physiques postulent l'existence de petits corps insécables et impénétrables, d'atomes doués de masses ; cette notion d'atome doué de masse ne pourrait-elle pas, à son tour, perdre son caractère premier et irréductible?

A cette question, une réponse a été donnée par W. Thomson ; les progrès apportés à l'Hydrodynamique par Cauchy et par Helmholtz avaient préparé cette réponse.

Considérons un milieu continu en mouvement et, dans ce milieu, une très petite partie de ma-

[1] HUYGENS : *Discours de la Cause de la Pesanteur*, préface (Leipzig, édition W. Burckhardt, p. 94).
[2] H. VON HELMHOLTZ : Préface à l'ouvrage de HERTZ : *Die Principien der Mechanik*.
[3] L. BOLTZMANN : *Leçons sur la Théorie des gaz*, traduites en français par A. Gallotti, p. 3; Paris, 1902.

tière que notre pensée découpe au sein de ce qui l'environne ; à un instant donné, cette particule offre une certaine figure et occupe une certaine position ; au bout d'un laps de temps très court, elle offre une figure un peu différente et occupe une position qui n'est plus tout à fait la même. Cauchy a analysé la modification infiniment petite par laquelle cette particule matérielle passe du premier état au second ; cette modification, il l'a décomposée en modifications élémentaires dont chacune est très aisée à concevoir.

Pour amener une particule matérielle d'un certain état à un autre état très voisin du premier, on doit tout d'abord, par un des points matériels que l'on y peut marquer, mener trois certaines droites, rectangulaires deux à deux, qui sont, à l'instant donné, les *axes principaux de dilatation* de la particule ; à la matière qui la forme, on impose une première dilatation uniforme et infiniment petite dans la direction du premier axe, puis une seconde dilatation dans la direction du second axe, une troisième dilatation enfin dans la direction du troisième axe ; en général, ces trois *dilatations principales* ne sont pas égales entre elles ; leur somme représente la *dilatation cubique* ; elle est nulle si le milieu est incompressible.

Les trois dilatations principales, successivement imprimées à la particule, lui imposent le changement de figure qu'elle doit subir ; reste à analyser le changement de position.

Par le point que l'on a déjà choisi, on mène une certaine droite qui est, pour l'instant considéré, l'*axe instantané de rotation* de la particule, et l'on fait tourner la particule entière, autour de cette droite, d'un certain angle infiniment petit ; en divisant cet angle infiniment petit par la durée infiniment petite de la modification totale, on obtient la *vitesse de rotation instantanée*.

Enfin, on déplace la particule entière de telle sorte que, dans cette *translation*, tous ses points décrivent des trajets infiniment petits, égaux et parallèles entre eux.

Jusqu'ici, nous n'avons fait que de la Géométrie ou, mieux, de la Cinématique ; venons maintenant à des propositions de Mécanique.

Imaginons un fluide continu, incompressible, non visqueux, de température uniforme et constante ; les mouvements de ce fluide obéissent aux équations que d'Alembert avait tirées de son célèbre principe et auxquelles Euler a donné une forme définitive. Supposons que les petites parties en lesquelles la pensée peut découper ce fluide ne soient soumises à aucune force ou, du moins, qu'elles ne soient pas soumises à ces sortes de forces, mises en évidence par Clairaut, dont la nature exclut, pour le fluide, toute possibilité d'équilibre. En un tel fluide, les vitesses de rotation des diverses particules obéissent à des lois d'une remarquable simplicité.

Voici la première, qui fut découverte par Lagrange [1] : Si la vitesse de rotation instantanée d'une certaine particule est nulle à un instant quelconque du mouvement, elle demeure toujours nulle.

C'est pour démontrer en toute rigueur ce théorème de Lagrange que Cauchy [2], en 1815, forma des équations d'une extrême importance, mais dont l'interprétation mécanique demeura longtemps inaperçue ; l'emploi d'une méthode différente donna à Helmholtz [3], en 1858, la clé de cette interprétation.

L'axe instantané de rotation d'une particule étant, à un instant donné, prolongé d'une toute petite quantité, traverse une seconde particule, contiguë à la première ; l'axe instantané de cette seconde particule, prolongé, au même instant, d'une longueur infiniment courte, va en rencontrer une troisième ; et ainsi de suite. Nous marquons ainsi au sein du fluide, à cet instant, une rangée de particules, contiguës les unes aux autres, qui se suivent le long d'une ligne courbe comme les perles d'un collier le long du fil qui les retient ; cette ligne courbe a pour tangente, en chacun de ses points, l'axe instantané de rotation de la particule à laquelle appartient ce point ; on dit alors que cette ligne courbe est, à l'instant considéré, une *ligne-tourbillon*.

Suivons maintenant, au sein du fluide en mouvement, les modifications de notre rangée de particules ; notre collier se déforme et se déplace, il ondule dans l'espace sans rompre le fil qui relie les perles ; et voici la propriété essentielle dont jouit la courbe que dessine ce fil : de même qu'elle était ligne-tourbillon au moment où nous l'avons tracée, elle demeure ligne-tourbillon pendant toute la durée du mouvement ; toujours, la tangente qu'on lui mène en l'un quelconque de ses points marque l'axe instantané de rotation de la particule qui se trouve en ce point.

Sur une ligne-tourbillon, prenons deux particules peu éloignées l'une de l'autre ; observons-les dans leur mouvement ; à chaque instant, mesurons, d'une part, la vitesse angulaire de rotation qui leur est sensiblement commune et, d'au-

[1] LAGRANGE : *Mécanique analytique*, 2e édition, 2e partie, section XI, § 1, art. 17.

[2] A. CAUCHY : *Mémoire sur la théorie de la propagation des ondes à la surface d'un fluide pesant de profondeur indéfinie*, couronné par l'Académie des Sciences (*Mémoires des savants étrangers*, t. I, p. 3 ; 1827. — *Œuvres de Cauchy*, t. I).

[3] HELMHOLTZ : Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche der Wirbelbewegungen entsprechen (*Journal fur die reine und angewandte Mathematik*, Bd. LV, p. 25 ; 1858. — *Abhandlungen*, Bd. I, p. 101).

tre part, leur mutuelle distance; ces deux grandeurs varient dans le même sens; lorsque les deux particules accélèrent leur mouvement de rotation, elles s'écartent; lorsqu'elles tournent moins vite, elles se rapprochent; le rapport de leur vitesse instantanée de rotation à leur mutuelle distance demeure invariable.

Au sein du fluide et à un instant donné, prenons une petite surface; par chaque point du contour de cette petite surface, menons la ligne tourbillon qui y passe à cet instant; ces lignes vont former la paroi d'une sorte de tuyau très délié qui s'étend dans la masse fluide, tantôt s'évasant, tantôt se rétrécissant; avec Helmholtz, donnons à cette sorte de tuyau le nom de *tube-tourbillon*. Les propriétés des lignes-tourbillons nous font immédiatement apercevoir certaines propriétés des tubes-tourbillons et, en particulier, la plus essentielle; il est clair, en effet, que la masse fluide contenue, à un instant donné, dans un tube-tourbillon, demeure indéfiniment renfermée dans un tube-tourbillon; la conservation des lignes-tourbillons entraîne la *conservation des tubes-tourbillons*.

Si, dans un tube-tourbillon, on mène, à un instant donné, deux sections droites voisines, les points matériels intéressés par ces deux sections droites dessineront continuellement deux sections droites voisines du même tube-tourbillon; d'après ce que nous avons vu, la distance mutuelle de ces deux sections variera de manière à rester proportionnelle à la vitesse angulaire de rotation du fluide qu'elles comprennent entre elles; mais ce fluide est incompressible; le volume qu'il occupe, et qui est celui du petit cylindre compris entre les deux sections droites, demeure invariable; la base de ce cylindre varie donc en raison inverse de la hauteur; nous voyons ainsi que la partie d'un tube-tourbillon qui correspond à une masse fluide déterminée s'enfle quand la vitesse angulaire de rotation diminue et se dégonfle quand le fluide tourne plus vite; l'aire de la section droite est inversement proportionnelle à la vitesse instantanée de rotation.

Cette loi suppose que l'on suive, dans le temps, une même portion matérielle du tube-tourbillon. On trouve une loi analogue en inspectant, à un même instant, les diverses parties d'un tube-tourbillon; on constate que ce tube s'évase dans les régions du fluide où la vitesse de rotation instantanée est petite et qu'il se rétrécit dans les régions où elle est grande; tout le long d'un même tube, le produit de la vitesse instantanée par l'aire de la section droite garde la même valeur.

Cette loi entraîne une conséquence bien essentielle : un tube-tourbillon ne peut se terminer au sein de la masse fluide. En effet, pour qu'il pût s'étrangler au point que sa section devînt nulle, il faudrait que la vitesse angulaire de rotation fût infinie au point terminal. Il faut donc qu'un tube-tourbillon traverse tout le fluide et ne s'achève qu'aux limites même de ce milieu, ou bien qu'il se ferme sur lui-même comme un anneau.

Ces remarquables théorèmes de Helmholtz ont conduit W. Thomson à imaginer[1], en 1867, l'hypothèse des *atomes-vortex* ou *atomes-tourbillons*.

Une matière unique emplit l'Univers; cette matière, homogène et incompressible, obéit dans ses mouvements aux lois que les équations d'Euler imposent aux fluides parfaits; au commencement, des forces, incompatibles avec l'équilibre d'un fluide quelconque, ont mis cette matière en mouvement et y ont, en particulier, créé une foule d'anneaux-tourbillons de toutes formes et de toutes dimensions; puis, ces forces ont disparu, ne laissant plus dans le monde que des forces apparentes, explicables par les pressions et les forces d'inertie du fluide universel; ces forces ne peuvent ni engendrer un nouvel anneau-tourbillon, ni anéantir un de ceux qui préexistent, ni le couper en deux ou plusieurs anneaux; chacun de ces anneaux est devenu un véritable atome physique. La matière qui tombe sous nos sens est composée de tels anneaux-tourbillons.

Cette hypothèse de W. Thomson nous présente le plus haut degré de simplification auquel puisse parvenir l'explication des phénomènes naturels; non seulement la force réelle est bannie de l'Univers actuel, où nous ne constatons que des forces apparentes, effets de l'inertie et des liaisons, mais encore la diversité que la Chimie croit constater parmi les corps simples n'est qu'une illusion; elle manifeste seulement à nos sens les différentes figures et les différents mouvements pris par les anneaux-tourbillons d'un fluide partout identique à lui-même.

Mais l'hypothèse de W. Thomson s'enfonce si profondément au-dessous des apparences sensibles, qu'il devient bien malaisé de remonter jusqu'à celles-ci et de fournir l'explication des faits que nous constatons chaque jour. Les plus simples d'entre eux semblent sans lien avec les fondements de la théorie. Les forces fictives qu'engendrent les pressions du fluide interposé aux vortex ne rendent pas compte de la gravitation universelle; pour l'expliquer, Thomson doit recourir à des hypothèses semblables à celles de Lesage.

Les principes mêmes de la Mécanique ne se laissent pas déduire des propriétés des anneaux-tourbillons et, comme l'a remarqué Maxwell[2], on

[1] W. Thomson : On Vortex-Atoms (*Edinburgh Philosophical Society Proceedings*, 18 février 1867).
[2] Maxwell : Art. « Atom » de l'*Encyclopaedia Britannica*.

ne sait où découvrir, dans un atome-vortex, l'élément invariable qu'il conviendrait de regarder comme sa masse.

III. — Considérations générales sur les Explications mécaniques.

Ces difficultés, et bien d'autres qu'il serait trop long d'énumérer, nous avertissent qu'il est temps de nous arrêter ; qu'il ne faut pas suivre plus avant ces tentatives faites pour diminuer de plus en plus le nombre des notions premières sur lesquelles repose la Physique. Aussi bien, la théorie des atomes tourbillons nous a ramenés bien près des doctrines de Descartes. Le seul corps dont W. Thomson admette l'existence, ce fluide parfait, homogène et incompressible qui remplit tout l'espace, qui n'a pas d'autre propriété que de se mouvoir en conformité avec les équations hydrodynamiques d'Euler, est proche parent, à coup sûr, de cette étendue en longueur, largeur et profondeur, capable de toutes sortes de figures et de mouvements, qui constitue la matière cartésienne.

On pourrait pousser l'assimilation encore plus loin, et certains l'ont osé. Puisque le fluide de W. Thomson n'a d'autre propriété que de supporter, dans l'espace, des vitesses variables selon certaines formules, pourquoi n'irait-on pas jusqu'à le supprimer, jusqu'à lui dénier toute existence substantielle, jusqu'à le réduire à la pure étendue? La masse de l'atome-tourbillon, à supposer qu'on en ait trouvé une définition acceptable, ne serait qu'un symbole, qu'une expression mathématique combinée au moyen de la figure et du mouvement de l'atome ; sa constance ne serait pas la traduction, en langage mathématique, de la persistance d'une substance matérielle, mais la conséquence d'une certaine distribution permanente de vitesses de rotations; pour cet atome, il n'est plus vrai de dire que « la loi physique de la conservation de la masse ait dégénéré[1] en un axiome métaphysique, conservation de la matière ». Dès lors, pourquoi attribuerions-nous plus de réalité à la matière même du fluide au sein duquel se forment les tourbillons ? Pourquoi ne l'identifierions-nous pas à l'espace, réceptacle de certaines vitesses et de certaines forces vives ? Pourquoi ne réduirions-nous pas la Mécanique à l'étude « de l'étendue et de ses changements tous nuds », changements qui laissent invariables dans le monde la quantité totale d'Énergie ? Ainsi serions-nous amenés à la doctrine nouvelle qui a vogue sous le titre de *théorie de la migration de l'Énergie*[2].

Au moment de quitter la terre ferme de la Mécanique traditionnelle pour nous élancer, sur les ailes du rêve, à la poursuite de cette Physique qui localise les phénomènes dans une étendue vide de matière, nous nous sentons pris de vertige; alors, de toutes nos forces, nous nous cramponnons au sol ferme du sens commun ; car *nos connaissances scientifiques les plus sublimes n'ont pas, en dernière analyse, d'autre fondement que les données du sens commun*[1] ; si l'on révoque en doute les certitudes du sens commun, l'édifice entier des vérités scientifiques chancelle sur ses fondations et s'écroule.

Nous persisterons donc à admettre que tout mouvement suppose un mobile, que toute force vive est la force vive d'une matière. « Vous recevez un coup de bâton, nous dit M. Ostwald[2]; que ressentez-vous, le bâton ou l'énergie? » Nous avouerons ressentir l'énergie du bâton, mais nous continuerons à en conclure qu'il existe un bâton, porteur de cette énergie. Nous n'oublierons pas, d'ailleurs, que cette énergie, qui réside en certains lieux de l'espace, qui se transporte d'une région à une autre, ressemble singulièrement à une Matière qui aurait renié son nom, mais n'aurait pu changer d'essence. Nous demeurerons donc en deçà des doctrines pour lesquelles l'existence substantielle de matières diverses et massives devient une illusion et nous arrêterons nos discussions aux bornes que Hertz lui-même n'avait pas franchies.

Les tentatives faites pour expliquer mécaniquement les phénomènes physiques que nous présente l'Univers se classent nettement en deux catégories.

Les tentatives de la première catégorie sont menées suivant une méthode que l'on peut justement nommer *Méthode synthétique*.

En cette méthode, on commence par construire de toutes pièces un mécanisme ; on dit quels corps le composent, quelles en sont les figures, les grandeurs, les masses, quelles forces le sollicitent; de ces données, on tire les lois selon lesquelles se meut le mécanisme; comparant alors ces lois aux lois expérimentales que l'on veut expliquer, on juge s'il y a entre elles une suffisante concordance.

Cette méthode a été longtemps la seule dont on usât. Nous lui devons les exemples les plus célèbres de théories mécaniques : la théorie, donnée par Descartes, des attractions et des répulsions

— Brillouin : *Recherches récentes sur diverses questions d'Hydrodynamique;* 1re partie : Tourbillons; Paris, 1891.

[1] W. Ostwald : La déroute de l'atomisme contemporain (*Revue gén. des Sciences*, t. VI, p. 954; 1895).

[2] Au sujet de cette doctrine, voir l'article précédent de M. Ostwald, puis : M. Brillouin : Pour la matière (*Revue gén. des Sciences*, t. VI, p. 1032; 1895), et W. Ostwald : Lettre sur l'Énergétique (*Revue gén. des Sciences*, t. VI, p. 1069; 1895).

[1] P. Duhem : Quelques réflexions au sujet de la Physique expérimentale (*Revue des Questions scientifiques*, 2e série, t. III; 1894).

[2] W. Ostwald : La déroute de l'atomisme contemporain (*Revue gén. des Sciences*, t. VI, p. 937; 1895).

magnétiques ; l'explication de la pesanteur par les tourbillons, doctrine essentielle de la Physique cartésienne, que Huygens a perfectionnée ; la tentative de Fatio de Duilliers et de Lesage, pour réduire la gravitation à l'impulsion que les molécules matérielles reçoivent de la part des atomes ultra-mondains ; la théorie du calorique, telle que Laplace la développe dans sa *Mécanique céleste* ; les diverses théories cinétiques des gaz ; l'éther gyrostatique de W. Thomson ; les constructions cellulaires par lesquelles Maxwell a tenté de rendre compte des actions électromagnétiques ; les mécanismes variés imaginés, en ces dernières années, par M. Lorentz, par M. Larmor, par M. J.-J. Thomson, par M. Langevin, par M. Jean Perrin, par d'autres encore, pour expliquer divers effets de la lumière, de l'électricité, de radiations nouvellement découvertes.

A toute époque, depuis la renaissance des Sciences physiques, mais particulièrement en la nôtre, cette *Méthode synthétique* s'est heurtée aux répugnances de certains esprits ; le caractère aventureux des hypothèses sur lesquelles repose chacune de ses explications ; la forme quelque peu puérile des mécanismes qu'elle est obligée d'imaginer sous les apparences sensibles, ont, de tout temps, prêté le flanc à bien des sarcasmes. « Il faut dire en gros : cela se fait par figure et mouvement, disait Pascal. Mais de dire quels et composer la machine, cela est ridicule ; car cela est inutile, et incertain, et pénible. » Et Newton, lançant son fameux « *Hypotheses non fingo* », entendait surtout rejeter hors du domaine de ses spéculations les mécanismes des Cartésiens et des Atomistes.

Aux yeux de la plupart des physiciens, la méthode synthétique ne semble plus capable de donner une explication mécanique et complète des phénomènes naturels ; c'est alors à la *Méthode analytique* que l'on demande aujourd'hui une telle explication.

La méthode analytique est celle que Maxwell a définie dans la préface de son *Traité d'Électricité et de Magnétisme* et qu'il s'est efforcé de mettre en pratique dans ce Traité. Elle réduit d'abord en formules générales les lois des phénomènes physiques ; puis, sans faire aucune hypothèse sur la nature des mouvements par lesquels ces phénomènes pourraient s'expliquer, elle donne à ces formules un aspect qui fasse éclater aux yeux leur analogie avec les équations de certains mouvements.

Si les formules auxquelles on a affaire peuvent être mises sous la forme imposée par Lagrange aux équations de la Dynamique, les choses iront au mieux. Aux grandeurs qui caractérisent le système physique soumis à l'expérience, on pourra faire correspondre les variables et les vitesses qui fixent la figure et le mouvement d'un certain système mécanique, de telle sorte que les lois qui président aux transformations des deux systèmes s'exprimeront par les mêmes équations. Les rouages du système mécanique expliqueront alors les propriétés du système physique.

Si, d'ailleurs, les formules qui condensent les lois des phénomènes expérimentalement étudiés ne se laissent point couler dans le moule creusé par Lagrange, la méthode analytique ne deviendra pas, pour cela, inefficace ; pour assimiler ces formules aux équations de la Dynamique, elle supposera que le système renferme des masses inaperçues et des mouvements cachés ; d'ailleurs, comme rien ne vient préciser et limiter la nature, le nombre, la complication de ces masses et de ces mouvements, il semble bien qu'aucune sorte de formules ne pourra être tenue pour irréductible aux équations de la Dynamique ; quelles que soient ces formules, il est toujours permis d'espérer que l'on pourra les ramener aux lois de la Mécanique, soit exactement, soit avec telle approximation que l'on voudra.

Il y a plus : L'emploi de ces masses et de ces mouvements cachés permettra, si l'on veut, de supprimer toute force réelle, de ne laisser subsister que les forces d'inertie et les forces de liaison ; ici encore, l'indétermination absolue laissée aux masses et aux mouvements cachés nous assure qu'aucun géomètre n'arrêtera nos efforts vers la solution de ce problème en nous prouvant que cette solution ne peut être obtenue ni exactement, ni approximativement.

Que la méthode analytique se propose donc simplement de réduire l'explication des phénomènes physiques à une Mécanique où les notions de mouvement, de masse et de force sont tenues pour des notions premières ; ou bien qu'elle se propose de donner cette explication sans faire appel à la notion de force, il n'est pas de loi d'origine expérimentale dont on puisse prouver qu'elle sera rebelle à une telle explication.

Dès lors, *pour le physicien, l'hypothèse que tous les phénomènes peuvent s'expliquer mécaniquement n'est ni vraie, ni fausse* ; *elle n'a, pour lui, aucun sens.*

Expliquons cette proposition, qui pourrait sembler paradoxale.

Un seul critérium permet, en Physique, de rejeter comme faux un jugement qui n'implique pas contradiction logique : la constatation d'un désaccord flagrant entre ce jugement et les faits d'expérience. Lorsqu'un physicien affirme la vérité d'une proposition, il affirme que cette proposition a été comparée aux données de l'expérience ; que, parmi ces données, il s'en trouvait dont l'accord avec la proposition soumise à l'épreuve n'était pas nécessaire *a priori* ; que, cependant, entre ces données

et cette proposition, les écarts sont demeurés inférieurs aux erreurs d'expérience.

En vertu de ces principes, on n'énonce pas une proposition que la Physique puisse tenir pour erronée, en avançant que tous les phénomènes du monde inorganique peuvent s'expliquer mécaniquement; car l'expérience ne saurait nous faire connaître aucun phénomène qui soit sûrement irréductible aux lois de la Mécanique. Mais il n'est pas non plus légitime de dire que cette proposition est physiquement vraie; car l'impossibilité de l'acculer à une contradiction, formelle et insoluble, avec les résultats de l'observation est une conséquence logique de l'indétermination absolue qu'on laisse aux masses invisibles et aux mouvements cachés.

Ainsi, pour qui s'en tient aux procédés de la méthode expérimentale, il est impossible de déclarer vraie cette proposition : *Tous les phénomènes physiques s'expliquent mécaniquement.* Il est également impossible de la déclarer fausse. *Cette proposition est transcendante à la méthode physique.*

Si donc on veut sortir, à l'égard de cette proposition, d'un état d'esprit où toute décision demeure suspendue, on devra recourir à des raisons que ne connaît pas la méthode expérimentale.

Ces raisons pourront être de deux sortes; elles pourront consister en arguments tirés de la Métaphysique; elles pourront aussi, répudiant toute prétention philosophique, invoquer la commodité comme un motif de préférence.

C'est par des arguments métaphysiques que Descartes établit la réduction nécessaire de tous les phénomènes physiques à des « raisons de Méchanique »; c'est parce qu'il ne trouve dans la notion de corps aucune idée claire, si ce n'est celles que les géomètres ont accoutumé d'y voir, qu'il fait de l'étendue en longueur, largeur et profondeur l'essence même de la matière; c'est parce que la matière est essentiellement identique à l'espace dont traitent les géomètres, que l'on ne doit rien recevoir dans la saine Physique, si ce n'est diverses figures et divers mouvements; il est évident que c'est même chose d'élever une livre à deux cents pieds de hauteur ou deux livres à cent pieds, et c'est sur cette évidence qu'est fondée toute la Statique; l'immutabilité divine nous assure que le Créateur garde toujours dans son œuvre la même quantité de mouvement qu'il y a mise à l'origine, et cette conservation de la quantité de mouvement est le premier principe de la Dynamique.

La Dynamique de Descartes, tirée de raisons métaphysiques, s'accordait à peine avec les découvertes de Galilée touchant la chute des graves; et bientôt Leibniz, substituant la conservation de la force vive à la conservation de la quantité de mouvement, intitulait son raisonnement : *Demonstratio erroris memorabilis Cartesii.* Depuis la réfutation de cette erreur mémorable, je ne pense pas qu'aucun philosophe digne de ce nom ait tenté de tirer de la Métaphysique les principes premiers de la Mécanique; il est clair pour tous que l'expérience seule, par son contrôle, garantit la valeur de ces principes; la Métaphysique, qui se reconnaît incapable de les justifier, ne saurait dire si leur empire est borné aux seuls mouvements sensibles ou s'il s'étend à l'ensemble des phénomènes physiques.

Ainsi la méthode métaphysique, pas plus que la méthode physique, ne peut répondre à cette question : Est-il vrai ou faux que tous les phénomènes physiques soient réductibles à des mouvements locaux soumis aux lois de la Dynamique?

Force nous est donc de renoncer à la question ainsi formulée, qui ne comporte pas de réponse, et de lui substituer cette autre question : Est-il commode à celui qui veut exposer la Physique, est-il utile à celui qui veut l'accroître, de réduire tous les phénomènes physiques à des mouvements, de ramener toutes les lois physiques aux équations de la Mécanique?

Sous cette forme nouvelle, la question perd le caractère absolu qu'elle avait jusqu'ici; il est clair maintenant que des physiciens différents pourront lui donner des réponses différentes, sans que la seule logique ait le pouvoir de réduire aucun d'entre eux au silence.

Le degré de commodité d'une méthode, en effet, est essentiellement affaire d'appréciation personnelle; la tournure particulière de chaque esprit, l'éducation qu'il a reçue, les traditions dont il est imprégné, les usages du milieu dans lequel il vit influent à un haut degré sur cette appréciation; d'un physicien à l'autre, ces influences varient extrêmement; aussi l'un pourra-t-il priser comme infiniment élégante et aisée une exposition de la Physique que l'autre jugera tout à fait lourde et mal commode.

Lorsqu'on examine l'attitude des divers esprits à l'égard des théories physiques, on peut les classer en deux grandes catégories : la catégorie des *abstraits* et la catégorie des *imaginatifs*.

Les *esprits abstraits* se contentent de considérer des grandeurs nettements définies, fournies par des procédés de mesure déterminés, susceptibles d'entrer, suivant des règles fixes, dans des raisonnements rigoureux et dans des calculs précis; il leur importe peu que ces grandeurs ne se puissent imaginer. Ils sont satisfaits, par exemple, s'ils ont défini un thermomètre qui, à chaque intensité de chaleur, fait correspondre un degré déterminé de température; s'ils connaissent la forme des équa-

tions qui relient cette température aux autres propriétés mesurables des corps, à la densité, à la pression, à la chaleur de fusion, à la chaleur de vaporisation. Ils n'exigent nullement que cette température se réduise à la force vive d'un mouvement imaginable animant des molécules dont la figure se pourrait dessiner. Pourvu que les lois de la Physique se laissent condenser en un certain nombre de jugements abstraits exprimables en formules mathématiques, ils consentent volontiers à ce que ces jugements portent sur certaines idées étrangères à la Géométrie. Que le monde physique ne soit pas susceptible d'une explication mécanique, ils s'y résignent sans peine.

Les *imaginatifs* ont de tout autres exigences. Pour eux, « l'esprit humain [1], en observant les phénomènes naturels, y reconnait, à côté de beaucoup d'éléments confus qu'il ne parvient pas à débrouiller, un élément clair, susceptible par sa précision d'être l'objet de connaissances vraiment scientifiques. C'est l'élément géométrique, tenant à la localisation des objets dans l'espace, et qui permet de se les représenter, de les dessiner ou de les construire d'une manière au moins idéale. Il est constitué par les dimensions et les formes des corps ou des systèmes de corps, par ce qu'on appelle, en un mot, leur *configuration* à un moment donné. Ces formes, ces configurations, dont les parties mesurables sont des distances ou des angles, tantôt se conservent, du moins à peu près, pendant un certain temps et paraissent même se maintenir dans les mêmes régions de l'espace pour constituer ce qu'on appelle le *repos*, tantôt changent sans cesse, mais avec continuité, et leurs changements de lieu sont ce qu'on appelle le *mouvement local*, ou simplement le mouvement ».

Ces configurations diverses des corps, leurs changements d'un instant à l'autre, sont les seuls éléments que le géomètre puisse dessiner; ce sont aussi les seuls que l'imaginatif puisse se représenter clairement; ce sont donc, selon lui, les seuls qui doivent être objets de science. Une théorie physique ne sera constituée que lorsqu'elle aura ramené l'étude d'un groupe de phénomènes à la description de telles figures, de tels mouvements locaux. « Jusqu'ici la science [2], considérée dans sa partie édifiée ou susceptible de l'être, a grandi en allant d'Aristote à Descartes et à Newton, des idées de *qualités* ou de *changements* d'état, qui ne se dessinent pas, à l'idée de *formes* ou de *mouvements* locaux qui se dessinent ou se voient. »

Le physicien imaginatif ne se tiendra donc point pour satisfait tant qu'il n'aura pas remplacé les qualités diverses des corps, accessibles seulement à la conception abstraite et à la représentation numérique, par des combinaisons de figures saisissables à l'intuition géométrique et susceptibles d'être dessinées.

Les théories qui ont été proposées jusqu'ici pour expliquer mécaniquement les phénomènes physiques vont-elles fournir à son imagination les représentations figurées hors desquelles, pour lui, il n'y a point de clarté?

Oui assurément, s'il s'agit des anciennes théories mécaniques formées par voie synthétique. A la base même d'une telle théorie se trouvent des hypothèses déterminées sur la figure des atomes et des molécules, sur leur grandeur, sur leur agencement; il suffit d'ouvrir un livre où se trouve exposée une telle explication, que ce livre porte le nom de Descartes ou celui de Maxwell, pour y trouver des dessins figurant l'aspect qu'offrirait la texture des corps à un regard d'une suffisante pénétration.

Mais la valeur explicative des théories mécaniques formées par synthèse paraît, aujourd'hui, bien douteuse. Trop clairement, il apparaît que chacune d'elles est propre, tout au plus, à représenter un fragment minuscule de la Physique; que ces représentations parcellaires ne se laissent pas souder les unes aux autres pour former une explication cohérente et logique de l'Univers inanimé. On recourt alors à la méthode analytique; on groupe en un ensemble de formules mathématiques les lois auxquelles obéissent les qualités corporelles et leurs changements, et l'on s'efforce de prouver que cet ensemble de formules n'est pas incompatible avec une explication mécanique des phénomènes physiques.

Ce procédé — qui ne s'en rend compte? — ne fournit plus aucun aliment à l'imagination, avide de seconder la raison, sinon de la primer, dans l'intelligence des phénomènes physiques; il ne satisfait plus aux désirs de celui qui, sous les qualités et leurs changements, veut saisir quelque chose qui se dessine ou qui se voie.

En premier lieu, cette méthode analytique assure bien que les lois physiques établies ne sont pas incompatibles avec une explication mécanique, mais elle ne nous fait pas connaître d'une manière explicite le détail de cette explication; elle nous affirme « en gros que cela se fait par figure et mouvement », mais elle ne nous dit pas par quelles figures ni par quels mouvements, elle ne « compose pas la machine »; elle n'indique même pas comment on la pourrait composer; elle ne donne aucun procédé pour tirer de l'analyse des équations qu'elle étudie le plan d'un mécanisme

[1] J. Boussinesq : *Leçons synthétiques de Mécanique générale*, p. 1; Paris, 1889.
[2] J. Boussinesq : *Théorie analytique de la Chaleur*, t. I, p. XV; 1901.

capable de marcher d'accord avec ces équations. Comment des masses et des mouvements qui demeurent *cachés* seraient-ils mieux accueillis par les imaginatifs que les puissances *occultes* de l'ancienne Scolastique?

En second lieu, la méthode analytique met en évidence cette vérité : Si l'on peut composer une machine capable d'expliquer un ensemble de lois physiques, on peut en composer une infinité d'autres qui expliqueront tout aussi exactement le même ensemble de lois. « Si donc un phénomène comporte une explication mécanique complète [1], il en comportera une infinité d'autres qui rendront également bien compte de toutes les particularités révélées par l'expérience ». Entre toutes ces explications équivalentes entre elles, partant également acceptables pour un esprit abstrait, l'esprit du physicien imaginatif flottera, hésitant, cherchant pour se décider un argument convainquant qu'il ne pourra jamais découvrir, et trouvant seulement, pour guider son choix, des motifs qui n'ont rien de général ni d'absolu.

Enfin, si la méthode analytique assure que l'ensemble des phénomènes physiques est susceptible d'une explication mécanique, elle laisse entrevoir aussi et surtout que cette explication, pour être complète, devrait invoquer une prodigieuse multitude de masses invisibles, une infinie complexité de mouvements cachés; et l'on devine que l'imagination la plus puissante, bien loin de se figurer nettement le mécanisme du monde, s'égarerait affolée dans un semblable chaos.

Donc la méthode analytique qui, seule, semble capable de fournir, des lois de la Physique, une explication mécanique logiquement constituée, paraît hors d'état de satisfaire aux exigences des physiciens imaginatifs, c'est-à-dire de ceux-là mêmes qui requièrent une interprétation mécanique des phénomènes.

Si ces physiciens veulent à tout prix se figurer les qualités des corps sous des formes accessibles à l'intuition géométrique, sous des figures assez simples pour être peintes en un tableau clairement visible aux yeux de l'imagination, ils devront renoncer à l'espoir de réunir toutes ces représentations en un système cohérent, en une science logiquement ordonnée. Il faudra « que chacun choisisse [2] une manière de raisonner sur le monde, qui soit juste autant que possible... et surtout qui soit *rapide*, *intuitive* et *féconde* ».

Beaucoup se résignent. Ils renoncent à classer les diverses lois naturelles actuellement connues en une suite dont tous les termes s'enchaînent les uns aux autres avec un ordre irréprochable et une rigueur parfaite; ils préfèrent feindre des mécanismes dont le jeu simule plus ou moins exactement les phénomènes déjà découverts et, parfois, en fasse soupçonner de nouveaux. Ils reviennent alors à la méthode synthétique, mais sans lui demander la Physique une et coordonnée qu'elle ne peut fournir. A chaque catégorie de phénomènes, ils font correspondre un agencement de figures et de mouvements qui en soit l'imitation plus ou moins heureuse ou, selon le mot des physiciens anglais [1], le *modèle*. Ce modèle, ils le composent d'organes aussi concrets, aussi accessibles aux sens et à l'imagination qu'il se peut; W. Thomson n'hésite pas à faire entrer dans ses constructions schématiques des *ficelles* et des *renvois de sonnette*; il ne s'agit plus, en effet, de concevoir un mécanisme qui puisse être regardé comme l'expression de la réalité, comme le reflet du *quid proprium* des choses matérielles; à un esprit auquel échappe l'abstraction pure, il s'agit de prêter le secours d'objets qui se touchent et qui se voient, qui se sculptent et qui se dessinent.

Non seulement les éléments qui composent un modèle doivent être aisés à imaginer et, pour cela, ressembler autant que possible aux corps que nous voyons et que nous manions tous les jours, mais encore ces éléments doivent être peu nombreux; les agencements par lesquels ils sont combinés doivent être relativement simples. Cette simplicité, faute de laquelle il cesserait d'être utile, interdit au modèle la prétention de représenter un ensemble étendu de lois naturelles; l'usage d'un modèle déterminé est forcément très restreint; chaque chapitre de la Physique exige la construction d'un mécanisme nouveau, sans lien avec le mécanisme qui a servi à *illustrer* le chapitre précédent.

Réduite à illustrer par des modèles chaque groupe de phénomènes, la Physique mécanique peut demeurer, pour certains esprits, une aide précieuse, sans laquelle les lois, formulées en propositions abstraites, leur seraient moins aisément et moins pleinement accessibles; elle peut exciter la curiosité de plusieurs, et, par voie d'analogie, leur suggérer des découvertes — tel le modèle électro-optique de M. Lorentz conduisant M. Zeemann à reconnaître l'action d'un champ magnétique sur les raies du spectre. L'emploi de modèles peut même devenir indispensable à certains géomètres dont la faculté d'abstraire est moins

[1] H. Poincaré : *Electricité et Optique*, t. I, Introduction, p. x,v; Paris, 1890.

[2] M. Brillouin : Pour la matière (*Revue gén. des Sciences*, t. VI, p. 1034; 1895).

[1] Touchant l'emploi constant que les Anglais font du *modèle* pour *illustrer* les théories physiques, voir l'article sur l'*École anglaise et les théories physiques* que nous avons publié dans la *Revue des Questions scientifiques* (2e série, t. II; 1893).

puissante que l'imagination; et, parmi ceux-ci, on doit compter quelques-uns des plus grands physiciens de ce temps, qui souscriraient à ces paroles de W. Thomson : « Il me semble [1] que le vrai sens de la question : Comprenons-nous ou ne comprenons-nous pas un sujet particulier en Physique? est celui-ci : Pouvons-nous faire un modèle mécanique correspondant?... Je ne suis jamais satisfait [2], tant que je n'ai pas pu faire un modèle mécanique de l'objet; si je puis faire un modèle mécanique, je comprends; tant que je ne puis pas faire un modèle mécanique, je ne comprends pas. »

De telles exigences intellectuelles, une pareille identification entre les deux mots *comprendre* et *imaginer*, surprennent grandement, — j'oserais presque dire : scandalisent — ceux qui peuvent concevoir une idée abstraite sans le secours de représentations géométriques ou mécaniques; ceux-ci ne doivent pas, cependant, priver de ce secours ceux dont la nature d'esprit le réclame; ils ne peuvent que répéter les sages paroles de Helmholtz [3] : « Les physiciens anglais, tels que Lord Kelvin (W. Thomson) lorsqu'il a formulé sa théorie des atomes-tourbillons, tels que Maxwell lorsqu'il a imaginé l'hypothèse d'un système de cellules dont le contenu est animé d'un mouvement de rotation, hypothèse qui sert de fondement à son essai d'explication mécanique de l'électromagnétisme, ont évidemment trouvé, dans de telles explications, une satisfaction plus vive que s'ils s'étaient contentés de la représentation très générale des faits et de leurs lois par le système d'équations différentielles de la Physique. Pour moi, je dois avouer que je demeure attaché jusqu'ici à ce dernier mode de représentation et que je m'en tiens plus assuré que de tout autre; mais je ne saurais élever aucune objection de principe contre une méthode suivie par d'aussi grands physiciens. »

Ces concessions atteignent, si elles ne la dépassent, l'extrême limite de ce que l'on peut accorder à l'emploi, en Physique, des modèles mécaniques. La légitimité de cet emploi est d'ordre purement pratique, et non pas d'ordre logique. Une suite de modèles disparates ne peut être regardée comme une théorie physique, car il lui manque ce qui est l'essence même d'une théorie, l'unité, qui enchaîne dans un ordre rigoureux les lois des divers groupes de phénomènes. *A fortiori*, ne peut-elle se donner comme une *explication* des faits qui s'observent dans le monde inorganique; elle peut offrir des analogies curieuses, intuitives, fécondes, entre les lois de la Physique et le fonctionnement de certains mécanismes; mais, selon un vieil adage, *comparaison n'est pas raison.*

Ceux donc qui se résignent à l'emploi de modèles mécaniques marquent nettement qu'ils renoncent à « concevoir la cause de tous les objets naturels par des raisons de Méchanique », soit qu'ils regardent une telle explication comme trop compliquée pour être maniable et féconde, soit même qu'ils aient cessé de la croire possible.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

LES MAROCAINS ET LA SOCIÉTÉ MAROCAINE [4]

DEUXIÈME PARTIE : LES MAROCAINS ACTUELS : MŒURS, COUTUMES

I. — Principaux groupes de populations.

Au milieu des nombreuses peuplades qui habitent le Maroc, on distingue à première vue trois grands groupes, que l'on a coutume d'appeler spécialement « berbères », ce qui veut dire, comme nous l'avons vu, qu'il s'agit de masses plus compactes que les autres, ayant mieux résisté aux invasions étrangères et ayant, par conséquent, gardé des coutumes d'un caractère plus primitif. Ce sont : les Rifains (Rouâfa), ou habitants du Rîf; les Brâber, qui se partagent les massifs montagneux du centre du Maroc, et les Chleuh, qui vivent sur les contreforts du Haut-Atlas et au sud de cette chaîne de montagnes. Rifains, Brâber et Chleuh sont des peuples belliqueux, jaloux de leur indépendance, habitant chacun un massif montagneux peu accessible et échappant tous plus ou moins complètement à la domination actuelle du sultan.

Le Rîf compte une trentaine de tribus échelonnées en plusieurs rangs sur le littoral méditerranéen, depuis la frontière algérienne jusqu'à la longitude de Fez, à l'Ouest : les plus occidentales, Kebdâna, Trîfa, Beni Snassen..., sont souvent considérées comme ne faisant pas partie du Rîf proprement dit. Beaucoup de ces tribus, très petites, sont

---

[1] W. Thomson : *Lectures on molecular Dynamics*, p. 132.
[2] W. Thomson : *Ibid.*, p. 270.
[3] H. von Helmholtz : *Préface* à l'ouvrage de H. Hertz : *Die Principien der Mechanik*, p. XXI.
[4] Voyez la première partie de cette étude dans la *Revue* du 28 février, t. XIV, p. 190 et suivantes.
Voyez également sur le Maroc les articles de M. J. Machat et de M. Aug. Bernard, parus dans la *Revue* des 15 et 30 janvier et 15 février 1903.

perdues dans des montagnes d'accès pénible et n'ont qu'une civilisation très primitive. En général, l'industrie, par laquelle on peut, à certain point de vue, juger du niveau d'un groupe social, est rudimentaire : on ne peut citer aucun de leurs produits comme remarquable, si ce n'est, peut-être, les tapis des Beni Bou-Zeggou (Quedenfeldt). Quelques tribus rifaines portent un nom célèbre dans les fastes du Maghrib, comme, par exemple, les Maghraoua, qui jouèrent un rôle considérable dans les luttes des Idrissides et des Oméiades d'Espagne, et qui donnèrent une dynastie au Maghrib. D'autres tribus rifaines sont plus connues par leurs récents exploits : les Guelaya par leurs démêlés avec les Espagnols de Melilla, démêlés qui amenèrent la guerre de 1894, et les Bekkoûya par leurs actes de piraterie au sujet desquels il se fit quelque bruit il y a plusieurs années. Tous les Rifains du littoral, d'ailleurs, sont plus ou moins des écumeurs de rivages, et chaque embarcation qui s'égare sur leurs côtes est considérée par eux comme un « don de Dieu ». Il est vraiment piquant qu'à notre époque il y ait encore de la piraterie en Méditerranée! La population totale du Rif a été l'objet d'évaluations très différentes : les chiffres donnés oscillent entre 200.000 (Jackson) et 1.250.000 (Mouliéras). On s'approcherait peut-être plus de la vérité en adoptant une moyenne entre ces deux chiffres. Les mœurs des Rifains sont en général assez pures; tous les ans, ils émigrent (au moins ceux des tribus littorales) en quantités considérables dans la province d'Oran, où ils se livrent aux travaux de la moisson, et reviennent ensuite dans leur pays. Vêtus de la jellâba, ils dédaignent d'en rabattre le capuchon et vont tête nue sous le soleil, les cheveux coupés très courts, à l'exeption d'une petite tresse qui pend sur le côté de la tête. Aucun type n'est plus connu parmi les colons de l'ouest de notre Algérie, où ils jouent dans l'industrie agricole le même rôle que les Kabyles dans les provinces d'Alger et de Constantine.



Fig. 1. — *Un chleuh du Gountafi, dans le Haut-Atlas.* (Cliché de M. Doutté.)

Les Brâber forment un grand groupe à contours moins nets que celui du Rif; le nom qu'ils portent ayant eu une extension très variable, on commet souvent à cet égard des confusions : il y a les Brâber *sensu stricto*, qui nomadisent au nord de Figuig et du Tâfilelt, et les Brâber *sensu largo*, qui comprennent, outre ceux que nous venons de nommer, tous les habitants des massifs montagneux du centre du Maroc. De Foucauld entend le mot Brâber dans le premier sens; la plupart des autres auteurs le prennent dans le second. Dans cette deuxième acception, on peut, avec Quedenfeldt, distinguer trois groupes de Brâber : un groupe sud-oriental, Aït Atta et Aït Yafelman (Brâber de Foucauld); un groupe central, qui comprend les grandes tribus comme Beni Mtîr, Aït Yoûssi, Beni Ouaghaïn, Aït Segherouchchen, Beni Mguild..., et un groupe occidental : Aït Messat, Aït Atta Oumalou, Zaïan, etc..., limité à peu près par une ligne qui joindrait Merrâkech à Méquinez et à Fez, en passant par le Tâdla. On y rattache ordinairement, d'une part, les Zemmoûr et les Zâïr, qui habitent entre Rabat, Méquinez et le Tâdla, et de l'autre les Ilyaïna et les Ghiâta, entre Fez et Tâza. Ces Brâber sont les moins connues de toutes les populations du nord de l'Afrique : ils ne paraissent pas, au cours de l'histoire, avoir jamais subi aucune domination vraiment effective et susceptible de modifier leurs institutions sociales. Aussi la

connaissance de leur société serait des plus importantes au point de vue scientifique, et leur étude promet d'être presque aussi féconde en résultats que celle de la société kabyle du Djurdjura ou de la société chaouia de l'Aurès. On a d'autant moins de renseignements sur eux qu'au rebours des Rifains ils voyagent extrêmement peu; les seuls documents sérieux que l'on possède se rapportent principalement aux Zemmoûr et aux Zaïr, qui, auprès de Rabat, se trouvent en contact avec les Européens et entretiennent avec eux des relations commerciales. Les Brâber passent pour avoir des mœurs très pures; ils se gouvernent, en général, par des *djemâa*, mais le gouvernement y est réduit à son minimum; certaines institutions à caractères primitifs, comme par exemple la « debiha » (voy. *suprà*, p. 134) et la vendetta, jointes à l'influence des marabouts, assurent seules la sécurité des particuliers. Comme les Rifains, les Brâber parlent un dialecte berbère spécial.

Un troisième dialecte est parlé par le groupe des *Chleuh* (fig. 1). Les Chleuh habitent le Haut-Atlas et ses contreforts; au nord, ils s'étendent jusqu'auprès de Mogador : ils englobent Merrâkech et Demnât. A l'ouest, leur limite est plus flottante du côté du Haut-Drâ et du Drâ, où ils sont fusionnés avec des populations à teint foncé (haratîn, soudaniens). Au sud, leur territoire s'arrête au commencement du Sahara, c'est-à-dire qu'il comprend le Soûs et le Sâhel et qu'il confine à l'Oued Drâ. C'est chez les Chleuh, qui, dans leur langage, se nomment Imazighen, que sont surtout répandus les « haratîn » dont nous avons parlé plus haut : répartis en groupes plus ou moins clairsemés, ils semblent représenter les débris d'une race ancienne répandue sur une vaste superficie dans l'Afrique du Nord, à une époque où le Sahara septentrional n'était pas le pays desséché qu'il est devenu depuis. Tandis que les Brâber sont en grande partie nomades, les Chleuh sont essentiellement des sédentaires. Souvent retranchés dans des montagnes difficiles, d'un caractère belliqueux, ils ont cependant opposé au makhzen une résistance moindre que les Rifains et surtout que les Brâber, et une bonne partie d'entre eux sont à peu près soumis. Très travailleurs, ils essaiment volontiers et viennent gagner leur vie jusqu'en Algérie; c'est ainsi, pour prendre un exemple, que la plupart des Marocains, et ils sont très nombreux, employés aux mines de Beni-Saf, sont des Chleuh qui viennent des environs de Mogador.

Avec le Drâ, commence le désert : les Haratîn, les Nègres et les Chleuh s'y fusionnent plus ou moins et forment une société où les éléments ethniques sont fort difficiles à distinguer. Les habitants du Drâ sont, du reste, volontiers assimilés aux Nègres par les Marocains : « ben Hartani », « ben Guenâoui » et « ben Drâoui », fils de nègre, fils de haratîn[1], fils de Drâoui, sont des expressions également injurieuses.

Entre ces trois grands peuplements à caractères primitifs, viennent se placer d'autres groupes moins caractérisés : à l'orient des Brâber, dans les mornes steppes de la Dahra, errent des nomades absolument analogues aux peuples pasteurs de nos hautes plaines algériennes; — les oasis sahariennes de Figuîg et du Tâfilelt ne diffèrent pas des oasis du sud de nos possessions d'Algérie et de Tunisie; — dans le triangle Merrâkech, Mogador, Rabat, qui correspond à peu près à ce que le makhzen appelle le « Houz », c'est-à-dire « la Provence », habitent de grands groupes de tribus de langue arabe, soumises, attachées au sol par une agriculture très développée, comme les Chiâdma, les Doukkâla, les Châouia, les Rehâmna, etc., ceux-ci plus remuants et moins soumis que les autres; — autour de Fez et de Merrâkech, vivent des tribus makhzen, où le Gouvernement recrute son armée, Oudaïa, Cherâga..., et des tribus déportées à diverses époques pour des raisons politiques; — le triangle Fez, Rabat, Tanger correspond à peu près à ce que le makhzen appelle le Gherb; de grandes tribus de langue arabe, mais de mœurs indiquant la même origine que les tribus de langue berbère, tels que les Beni Hassan, s'étendent sur les bords du Sebou; les populations de la presqu'île de Tanger sont naturellement assez mélangées; les Khlot descendent en partie d'ancêtres arabes; d'autres groupes nomades sont d'introduction relativement récente dans cette province; — entre le Rîf et les Brâber, et jusque auprès d'Alcazar et de Ouezzân, vivent les Jebâla, célèbres par la fertilité de leurs montagnes et par leur caractère belliqueux autant que par la dissolution de leurs mœurs; situés plus ou moins sur la grande route qui traverse l'Afrique du Nord et où tant de peuples se sont heurtés, ils comptent parmi leurs nombreuses tribus maint débris de peuples jadis célèbres, comme les Ketâma, qui conquirent le Caire, les Çanhadja, apparentés aux célèbres Almoravides, les Ghomâra, fidèles soutiens de la dynastie nationale du Maroc (Idrissides), les Maçmoûda, qui firent trembler l'Afrique et l'Espagne avec Abdelmoûmen, les Brânès, qui portent le nom de l'ancêtre légendaire des Berbères, etc... Comme les Rifains, leurs ennemis, les Jebâla vont portant la jellâba,

[1] « Harâtîn » est le pluriel de « hartâni ». Faisons remarquer à ce propos que nous n'avons adopté dans ces pages aucune transcription scientifique des noms arabes; nous nous sommes borné à les écrire suivant la prononciation française et de la manière la moins choquante pour un lecteur non orientaliste.

mais ils en rabattent presque toujours le capuchon et portent souvent une sorte de turban; ils ne portent pas, du reste, la petite tresse de cheveux qui caractérise les Rifains, sauf dans leur enfance [1].

II. — La vie matérielle des Marocains.

Un bourgeois de Fez mange la *harîra* à six heures du matin : c'est généralement une bouillie de farine ou une soupe à la semoule, ou encore une soupe grasse au bouillon de mouton, rarement de bœuf. Ce potage est servi dans une *jebbêna* ou *jabaniya*, sorte de soupière (littéralement « fromager ») et mangé à la cuiller. Vers huit ou neuf heures, on prend une collation composée de beurre, de miel ou des deux à la fois et de pain encore chaud. A midi a lieu un repas plus important, qui se compose ordinairement d'un *tâjîn*, sorte de ragoût de mouton, de légumes et de couscoussou *(taâm)*. On mange encore à la place du tâjîn ou concurremment avec lui : la *kefta*, sorte de hachis de veau ou de bœuf, avec maints condiments : persil, clou de girofle, poivre, menthe, le tout pétri, enfilé sur une broche et grillé; ou le *kebâb*, petits morceaux de viande salés et fortement épicés, enfilés aussi sur une longue broche et bien cuits. Les légumes sont ordinairement des fèves, des navets, des lentilles, des petits pois, des pois chiches.... Les repas des gens moins aisés sont naturellement plus modestes, et la viande séchée au soleil ou *khelia* en fait souvent les frais. Les habitants de Fez sont renommés pour leur adresse à préparer la viande séchée. Le couscoussou ne diffère pas de celui qui est mangé en Algérie et en Tunisie; mais au lieu que, dans ces deux pays, on se sert le plus souvent pour le manger d'une cuiller, au Maroc, on le mange avec la main, ainsi, du reste, que tous les autres plats : on pétrit entre les doigts une boulette de couscoussou que l'on porte à la bouche, ce qui, pour être fait proprement, exige toute une éducation. On attache une grande importance à ne pas se servir de la cuiller, surtout pour manger le couscoussou, et les docteurs placent l'usage de ne le manger qu'avec les doigts à l'égal d'un précepte canonique. Cet usage entraîne nécessairement celui d'ablutions des mains répétées avant et après le repas : on a pour cela des services spéciaux, aiguières et bassins en cuivre souvent très luxueux; on s'asperge également avec de l'eau de rose, de fleur d'oranger, de jasmin, on s'en verse dans les mains et on s'en frotte le visage, la barbe et les cheveux. Les mets sont servis dans de grands plats en faïence à dessins bleus et de différentes formes (*shen*, *guessa*, *metred*), le couscoussou toujours le dernier : après lui, on ne mange plus guère que des fruits. Pour que les plats se tiennent chauds, on les recouvre d'une sorte de grand entonnoir en sparterie (fig. 2). Avant le repas, il est d'usage de prendre le thé, et parfois aussi immédiatement après. On en reprend, du reste, à chaque occasion de l'après-midi. Vers neuf heures du soir a lieu le dîner, qui se compose essentiellement de couscoussou et d'un tâjîn ou, chez les gens moins aisés, de couscoussou seulement.

Dans les campagnes, l'alimentation est naturellement moins compliquée. Dans le Haut-Atlas, par exemple, les Chleuh mangent, au lever du soleil, une *harîra* ou *hessoua* faite avec de la farine d'orge; vers dix heures c'est la *tagoulla*, semoule bouillie dans de l'eau salée, puis additionnée de beurre, ou bien l'*ibrîn*, couscoussou d'orge arrosé d'un bouillon d'oignons et d'aubergines avec de l'huile; le dîner du soir se compose ordinairement d'un couscoussou solide avec quelques légumes. Ce régime est à peu de chose près celui des tribus au nord et au sud de l'Atlas jusque dans le Sahara. Ainsi au midi du Bani, de Foucauld dit

[1] **Littérature**. — Pour le Rif et les Brâber, on peut consulter l'excellent travail de Quedenfeldt : *Einth. u. Verbreit. d. Berberbevœlkerung in Marokko*, déjà cité p. 193. Le mémoire de Quedenfeldt vient d'être traduit en français dans la *Revue africaine* par le capitaine Simon (*Note ajout. pendant l'impression*). Sur le Rif, les plus importantes données ethnographiques ont été réunies par Mouliéras : *Le Maroc inconnu*, t. I, Paris, 1895. Sur les Brâber, il existe peu de choses : voir, outre Quedenfeldt, l'article de Harris : *The nomadic Berbers of central Morocco* (*Géog. Journ.*, IX, 1897, p. 638-645), et de Foucauld : *Reconnaissance*, passim. Sur les Chleuh, outre Lenz, Gatell, etc., voir aussi de Foucauld, Basset : *Rel. de Sidi Brahîm de Massat*, Paris, 1883; De Segonzac : *Excursion au Sous*, Oran, 1901; Demontès : *Etude sur le Sous*, in *Soc. Géog. Alger*, 1901 et Le Chatelier : *Les tribus du Sud-Ouest Marocain*, Paris, 1891.

Les tribus de la frontière algérienne ont été étudiées à fond par de la Martinière et Lacroix : *Documents sur le Nord-Ouest africain*, t. II, 1896, de même que les oasis de l'Extrême-Sud Orano-Marocain. Sur le Tâfilelt, voir surtout Rohlfs : *Reise durch Marokko*, plus. édit.; Harris : *Tafilelt* (médiocre); Schaudt : *Voyages au Maroc*, trad. Lacroix, Alger, 1900 et aussi Dastugue : *Quelques mots au sujet du Tafilelt et de Sidjilmassa*, dans *Soc. Géog. Paris*, 5e série, t. XIII, 1867, p. 337.

Sur le Drâ, les meilleurs renseignements sont encore ceux de la *Reconnaissance* de Foucauld. Sur le Hoûz et le Gharb, il faut consulter les nombreux voyageurs qui ont donné des itinéraires de la côte à Fez et à Merrâkech. Une bonne partie du Hoûz a été spécialement décrite par Th. Fischer : *Wissenschaft. Ergeb. ein. Reise im. Atlas-Vorland*, dans les *Peterm. Mitteilh.* Ergänzungsheft 133, mais il y a relativement peu d'indications ethnographiques; la même observation est à faire touchant la monographie du pays des Châouia donnée par Weissgerber dans la *Soc. Géog. Paris*, n° du 15 juin 1900, p. 437. Sur les Jebâla, d'importants renseignements ont été donnés par Mouliéras : *Maroc inconnu*, t. II, Paris, 1899 : Le Chatelier : *Notes sur les villes et tribus du Maroc* en 1890, Angers, 1902, in-8°.

D'une façon générale, on peut recommander Rohlfs : *Mein erster Aufenth. in Marokko*, Norden, plusieurs éditions, et Erckmann : *Maroc moderne*, malgré de nombreuses erreurs. La prochaine publication des voyages de M. de Ségonzac dans le Rif, le Soûs et chez les Brâber va livrer au public de nombreuses informations ethnographiques sur ces pays.

qu'on mange au réveil le *hessou* (*harîra*), vers onze heures la *acida* (analogue à la *tagoulla*), et le soir le *taam* ou couscoussou avec des navets. Le mot couscoussou (*kesksou*) est surtout employé dans le Houz; ailleurs, on dit généralement *taâm*. Il forme la base de l'alimentation avec les légumes, les fèves, les navets, les artichauts, les courges, les aubergines, le lait, l'orge, le maïs, le sorgho et les glands. C'est surtout chez les Brâber et dans le Rîf que l'on consomme ces derniers. Ils entrent parfois dans la composition du *biçâr*, couscoussou mélangé de fèves, de pois chiches, de petits pois, de lentilles, que l'on mange surtout dans le nord du Maroc et dans l'ouest de l'Algérie. On mélange encore au « biçâr » la « viande de cèdre » (*leham el arez*), que l'on mange beaucoup dans le Rîf et qui n'est autre qu'une partie de l'écorce du cèdre à laquelle la cuisson prolongée fait perdre sa consistance et qui est, paraît-il, très nourrissante (Mouliéras).

La consommation de la viande de sanglier, devenue rare en Algérie par suite de la grande diffusion de l'orthodoxie musulmane, est très fréquente au Maroc dans les tribus et même chez les gens des villes (Quedenfeldt, Mouliéras, etc...) D'après le dernier de ces deux auteurs, certaines tribus du Rîf domestiqueraient le sanglier. Les mollusques marins, les échinodermes, les crustacés sont relativement très peu recherchés comme aliments; mais les populations mangent beaucoup les escargots, ainsi que les sauterelles et la larve d'un coléoptère de la famille des Longicornes, le *Cystognathus forficatus* Fabr., qui vit dans les racines du palmier nain (Quedenfeldt). Dans les portions du Haut-Atlas que nous avons visitées, on ne mange plus le sanglier, mais on se nourrit encore à l'occasion de la chair du chacal, du chat sauvage, du lièvre, du hérisson et du porc-épic. Ces deux dernières viandes sont très estimées chez la généralité des tribus marocaines. Mais quant à la viande de bœuf, de mouton, de chèvre, elle est mangée plus ou moins souvent suivant les facultés de chacun. En général, les gens des tribus ne mangent guère de viande que deux, trois ou quatre fois par mois, les jours de marché.

Le pain, suivant les régions et suivant la condition de chaque famille, est, en tout ou en diverses proportions, cuit de farine d'orge, de sorgho, de millet, de maïs et de froment. Cette dernière farine est naturellement la plus recherchée, mais n'est employée que dans les villes ou chez les populations riches. Ce sont les femmes qui moulent le blé et qui font le pain. Qui n'a pas au Maroc, en campant dans un douar, été réveillé la nuit par le bruit des moulins à main dont les femmes, dans chaque tente ou dans chaque maison, se mettent, vers deux ou trois heures du matin, à faire rouler les meules en chantant des mélopées plaintives qu'elles se renvoient les unes aux autres? Ordinairement, on ajoute au pain de l'anis, parfois avec excès, ce qui le rend peu agréable aux Européens. C'est exclusivement dans les villes que l'on fabrique les gâteaux, et les gens de Tétouan sont, paraît-il, passés maîtres dans cet art et réputés pour la finesse des pâtisseries qu'ils confectionnent; le lait, le beurre, les œufs, les amandes pilées en sont les principaux éléments. Le lait est encore, avec l'eau, la principale boisson que l'on prenne en mangeant; souvent on y fait tremper, pour le boire ensuite, des feuilles de marjolaine (*merdikôuch*, *merdeddoûch*, *mirtedoûch*).

Comme boisson excitante, l'usage du thé est universellement répandu au Maroc. Celui qui fait quelques visites est exposé à en absorber une vingtaine de tasses dans son après-midi, et la politesse ne le laisse guère libre d'en prendre moins de trois tasses chez chacun. Les services à thé, fabriqués en Europe, sont en cuivre et généralement luxueux dans les villes : il n'en est pas de même dans les campagnes, mais il n'est cependant si pauvre fellâh qui ne prenne sa tasse de thé. Le thé marocain est exclusivement du thé vert d'importation anglaise : on le prend très faible et avec des feuilles de menthe (vulg. *liqâma*, c'est-à-dire « garniture »; la menthe s'appelle *naana*) et beaucoup de sucre. Voici une poésie populaire marocaine qui indiquera quel est l'usage à ce sujet (Mouliéras) :

Assurément le thé est un nectar au-dessus duquel il n'y a rien ; c'est ce qu'il y a de meilleur au Paradis. — Très certainement le thé est une boisson exquise, inventée par l'homme; c'est le sultan des plaisirs. — Pour en avoir de l'excellent, sept choses sont indispensables : un samovar, du sucre, du thé, une théière, un plateau, des verres — Et de l'eau pure ayant bouilli sur le feu. Sept autres choses sont également nécessaires : une cuiller, un brasero, — De la menthe poivrée, de l'ambre gris, une boite renfermant des « chevilles de gazelle » (*petits gâteaux marocains*), une serviette brodée de soie — Pour essuyer verres et plateau, et, enfin, un sucrier. — Les sept accessoires sont : un aspergès plein d'eau de rose ou de fleurs d'oranger, une cassolette — Avec de la cascarille et des grains d'encens, un échanson intelligent et beau, des convives illustres, un cercle de poètes et de musiciens, — Un cierge très long et un chandelier doré. — Les trois défauts du thé sont : l'eau qui n'a pas bouilli ou qui est de mauvaise qualité, — Une trop nombreuse assistance et la bourse plate, car l'esprit est préoccupé quand on a peu d'argent.

Le café est très peu connu et les cafés très rares et fréquentés seulement par les basses classes de la société. L'usage des boissons alcooliques est plus répandu qu'on ne serait tenté de le croire. Beaucoup de musulmans boivent la *mahia*, littéralement « eau-de-vie », fabriquée par les juifs avec des raisins secs ou des figues ou des dattes, voire même

des figues de Barbarie. Les Jebâla cultivent la vigne, font fermenter le jus du raisin et fabriquent une sorte de vin dont ils abusent souvent. A côté du vin, ils obtiennent aussi par la cuisson du moût de raisin une sorte de gelée, nommée *çâmet*, fréquemment alcoolique.

Un très grand nombre de Marocains fument le kîf, que l'on tire du chanvre (*Cannabis indica*, var. *Kif*, variété à feuilles et à graines plus petites que le type) et sur lequel le makhzen a établi des impôts lucratifs. Il est fumé dans toutes les villes : dans une grande partie du sud marocain, il est, avec l'eau-de-vie, l'apanage des chérifs et des marabouts. La tribu des Ketâma (Jebâla) est célèbre dans le Maroc entier par le kîf qu'elle produit. On absorbe aussi, sous forme d'électuaire, l'opium importé d'Orient (hachich). Le tabac à priser est peu répandu, le cigare inconnu et la cigarette fumée seulement par quelques individus qui ont séjourné à l'étranger. La consommation de tous ces excitants a été interdite par une circulaire de Moûlaye Hassan ; mais cette décision, dont on a dit qu'elle n'était destinée qu'à servir quelques intérêts particuliers, est restée lettre morte.

La tente des nomades marocains ne diffère pas sensiblement de celle qu'on voit en Algérie et en Tunisie. Elle est en poil de chèvre et tendue sur une poutre horizontale soutenue par deux supports ; elle ne tombe pas jusqu'à terre et l'espace vide entre elle et le sol est comblé par une bordure de terre, des buissons, des broussailles, de préférence épineuses, du jujubier, par exemple. En dedans, des meubles empilés ou une étoffe pendue en guise de rideau divisent la tente en deux parties, dont l'une est réservée aux femmes. Les tentes se groupent en cercles nommés *douars*, dont l'intérieur est nommé *merah*, tandis que la périphérie reçoit le nom de *rîf* ; dans le merâh, on rentre tous les soirs les troupeaux. Une tente spéciale sert de *jâma* (mosquée), d'école et d'asile pour les hôtes que Dieu envoie au village. Le *fqîh* ou maître d'école y couche ainsi que les voyageurs de passage. La nuit, on se couvre d'une couverture ; mais chacun dort dans ses habits, dont la saleté s'explique ainsi facilement.

Les sédentaires du Maroc vivent sous des gourbis, des *nouâla* ou des maisons. Le gourbi en terre, recouvert de chaume, offre la forme classique que l'on observe en Algérie et en Tunisie : aujourd'hui, comme au temps où Salluste le décrivait, c'est la maison en forme de « carène renversée ». Les gourbis sont répandus dans tout le nord du Maroc ; mais, dès qu'on pénètre dans le Houz, on voit la *nouâla* ou cabane en branchages les remplacer partout. Bien qu'il y ait plusieurs formes de nouâla, la forme classique est celle d'un cylindre surmonté d'un cône. Certains villages du Houz, dans les Rehâmna, par exemple, offrent de loin l'aspect d'un village soudanien. Dans les Chiâdma, dans les Hâha, dans tout l'Atlas et dans le pays situé au sud, règne la mai-

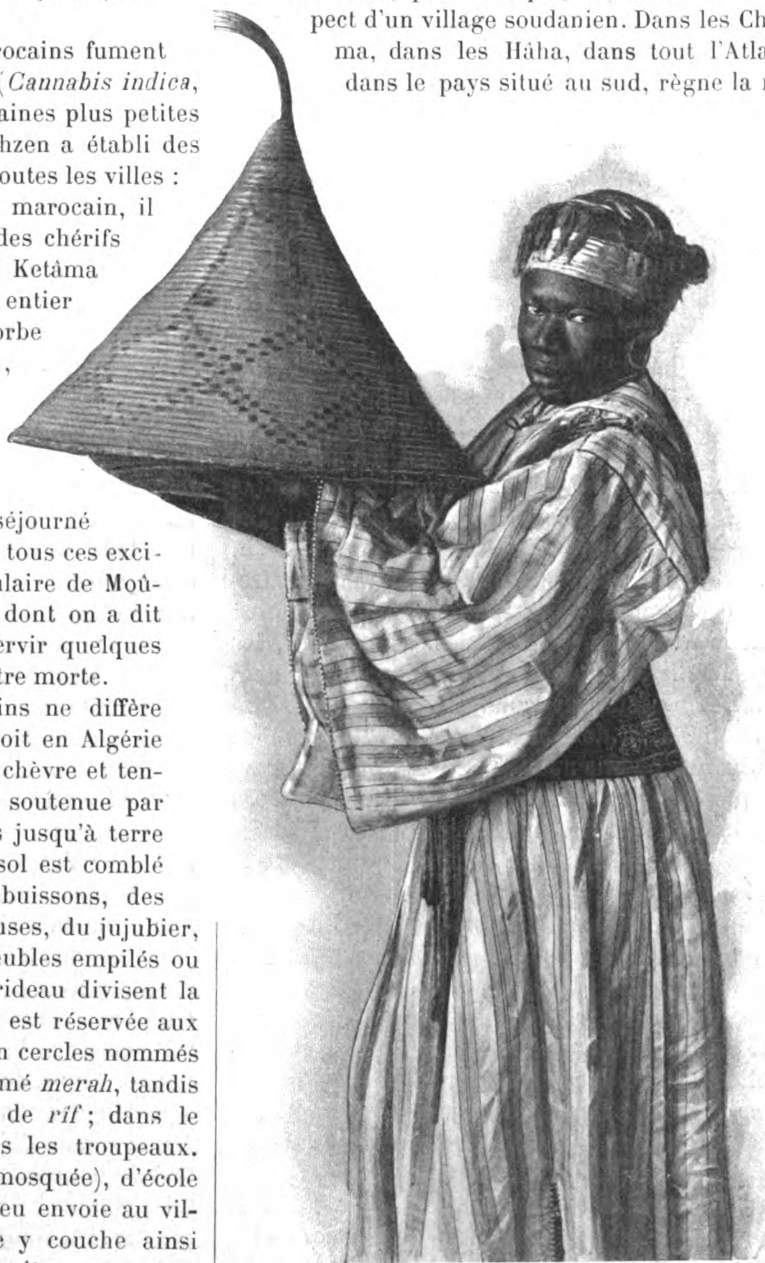


Fig. 2. — *Esclave noire portant un plat avec le couvercle en sparterie.* (Cliché de la maison Cavilla.)

son sans toit, à terrasse et construite en *tabia*, c'est-à-dire en terre grasse foulée et mélangée avec de la paille hachée et des petites pierres.

Un grand nombre de tribus ont à la fois des établissements fixes et des tentes, et l'on trouve à cet égard toutes les combinaisons ; il y a dans la tribu du Gharb, par exemple, des villages où la tente et

le gourbi sont mélangés ; chez les Rehânona, la nouâla s'allie toujours à la « maison de poil », et, dans les Chiâdma, la tente, la nouâla et la maison voisinent constamment. Il n'est pas rare de voir des tentes dont les pans s'arrêtent beaucoup au-dessus du sol et sont attachées à des claies de roseaux entrelacées d'épines, ce qui donne à la demeure un caractère permanent : on surprend là, sur le vif, le passage de la vie sédentaire à la vie nomade. Du reste, la plupart des Marocains qui habitent sous des tentes ne peuvent guère, à l'exception de ceux qui campent dans les steppes situés à l'Orient du Maroc, et qui mènent la vie des pasteurs des Hautes-Plaines et du Sahara oranais, être considérés comme de véritables nomades, car ils se déplacent très peu dans l'année ; leurs déplacements extrêmes ne dépassent pas une heure de route. Il faut seulement faire exception pour certains douars des Brâber : encore, dans ce cas, ce sont surtout des hostilités entre tribus qui obligent les douars à s'enfuir au loin. Les douars marocains, au moins ceux du Hoûz et du Gharb, sont généralement plus grands que les douars algériens : les Beni Hassen, les Zemmoûr, les Zaïr offrent des douars de quatre-vingts, cent tentes et même plus, dont la vue est vraiment magnifique. Chez les sédentaires, les groupes de huttes et de maisons sont naturellement très variables ; une particularité curieuse s'observe chez les Hâha, où de Foucauld l'a signalée, et chez les Chiâdma, où elle nous a paru encore plus marquée que chez les Hâha : les maisons n'y sont pas groupées en villages, mais isolées et réparties presque uniformément sur tout le territoire de la fraction.

On appelle *tigremt* des magasins pour les grains construits en tabia : ils sont carrés, souvent élevés jusqu'à 12 mètres (de Foucauld) et flanqués aux quatre angles de tours également carrées. Les murs sont obliques, parce que le tabia n'aurait pas assez de solidité s'ils étaient verticaux, en sorte que le bâtiment a la forme d'un tronc de pyramide, à bases toutefois presque égales. Dans tout le Moyen et Haut-Atlas, du Tâdla et des Aït Y ussi aux Glâoua et dans les bassins de l'Oued Drâ et de l'Oued Zîz, chaque village, chaque fraction a un tigremt où les habitants entreposent leurs provisions et leurs richesses. Au Sud-Ouest, chez les Chleuh, cette organisation est remplacée par celle des *agâdir* : on nomme ainsi un ou plusieurs villages fortifiés dans lesquels la tribu tout entière emmagasine ses réserves. Dans l'Oued Dâdès et dans quelques autres districts méridionaux du Maroc, sur la limite des *qçoûr* ou villages, au milieu des cultures, se dressent des tours carrées, en briques sèches, de 10 à 12 mètres de hauteur et qu'on appelle *aqueddim*. Du haut de ces tours, qui sont en très grand nombre dans chaque oasis, on fait le guet et on échange des coups de fusil (de Foucauld). Des tours de guet en bois, situées dans la cour attenante à chaque maison, sont signalées aussi dans le Rîf (Mouliéras). Il en existe encore de semblables en Algérie, chez certaines tribus de l'Aurès.

On sait que, chronologiquement, la parure a précédé le vêtement. La plus simple des parures est le barbouillage de certaines parties du corps avec des matières colorantes : c'est ainsi que les Marocaines se peignent les sourcils et se tracent au-dessus de la racine du nez une bande qui les réunit à l'aide d'une teinture noire, comme cela se pratique, d'ailleurs, dans le reste de l'Afrique du Nord. De plus, dans nombre de tribus, lorsqu'elles veulent se parer, les femmes se dessinent un bandeau noir qui barre le front et descend de chaque côté, le long des tempes et en arrière des joues, jusqu'au menton où il se ferme. Le fard rouge est aussi très employé : dans le Sahara marocain, les femmes se teignent en rouge le dessus des yeux. Le *koheul* est une pommade à base d'antimoine que l'on étend sur le bord des paupières : on en a souvent expliqué l'emploi comme étant une précaution hygiénique dans les pays où les ophthalmies sont fréquentes ; mais on sait combien ces explications qui prêtent des connaissances prophylactiques à des peuplades à demi civilisées sont insuffisantes pour expliquer les usages : le noir du *koheul* rehausse suffisamment l'éclat des yeux pour que cette raison suffise à rendre compte de son emploi général. C'est à la même catégorie de parures qu'il faut également rattacher l'usage du henné, connu dans tout le monde musulman. Mélangé à l'eau, il sert à raffermir et à embellir le teint. On le mélange avec le jus d'un citron ou un peu d'alun ou de tartre ; on applique cette pâte sur les mains et les pieds, on la laisse pendant vingt-quatre heures et on se lave. On colore aussi les cheveux avec une décoction de henné. Il y a des Marocaines qui en font un usage véritablement immodéré. Avant les noces, il y a, comme dans de nombreux pays musulmans, une fête du henné ; au Maroc, au cours de cette fête, on teint solennellement de henné la paume et les ongles de la main droite de la fiancée.

Le tatouage représente une autre espèce de parure, à caractère permanent. Les nègres sont les seuls à pratiquer encore au Maroc le tatouage par incision, qui laisse sur leur peau noire une cicatrice blanchâtre. Le tatouage employé par la généralité des Marocains est le tatouage par piqûre, qui consiste à piquer fortement l'épiderme et à y introduire une poudre noire (noir de fumée) ou bien le bleu de nos boules de bleu à linge qui sont importées. Le tatouage est beaucoup moins répandu au Maroc qu'on ne serait tenté de le croire ; presque

inconnu chez la plupart des tribus restées berbères, il est cependant courant chez les tribus arabisées; la marque la plus répandue est une petite barre verticale entre les deux sourcils, mais les femmes se tatouent également le cou, la poitrine, les poignets, les chevilles... Les hommes ne se tatouent pas ou fort peu.

La seule parure qui soit portée par les hommes est la boucle d'oreille : elle est, par exemple, très répandue dans l'Atlas, où elle consiste en un anneau, auquel sont souvent suspendues une pièce de monnaie et une petite main en argent (*khamsa*). Cette boucle d'oreille ne se porte qu'à l'oreille droite. Chez les Aït Atta, elle est, paraît-il, quelquefois si lourde qu'elle déforme l'oreille. Ce cas est fréquent parmi les femmes, qui portent souvent, chez les Chleuh, d'énormes boucles d'oreilles en argent, au poids desquelles s'ajoute encore celui de pendants en émail. Dans les tribus du Hoûz et du Gherb, les boucles d'oreilles sont plus petites. En outre, les Marocaines portent souvent des colliers où l'ambre domine, associé à des pièces de monnaie, au corail et à la verroterie. Le front est orné de diadèmes en argent, avec corail et pièces de monnaie. Les bracelets, de différents types, sont généralement d'argent, et de corne tout simplement chez les plus pauvres. L'usage des bracelets de pied, si fréquent en Algérie, paraît fort rare au Maroc.

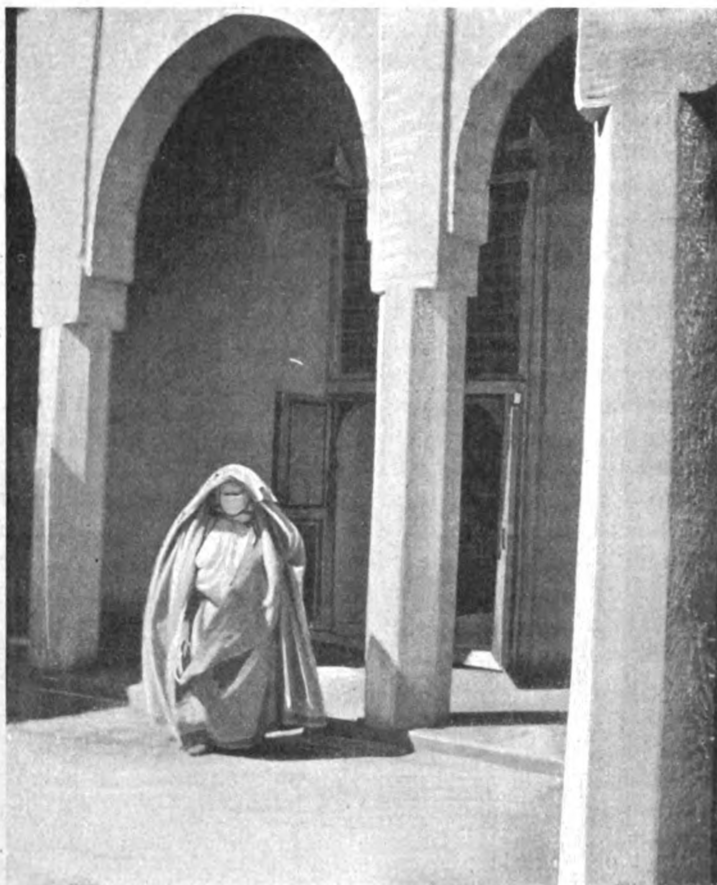


Fig. 3. — *Femme de Merrâkech en costume de ville; elle entr'ouvre le haïk.* (Cliché de M. Doutté.)

Dans toutes les tribus du Gherb et du Hoûz, les Marocains vont le plus souvent tête nue, vêtus d'une simple chemise de laine et d'une *jellâba* ou *jalabia* : c'est une sorte de vêtement tombant, à manches très courtes, qui est très fréquent dans le nord du Maroc. Chez les Jebâla en particulier, il est universellement employé; il y en a un grand nombre de variétés. Les campagnards qui ne mettent pas de jellâba se contentent souvent d'un *haïk* à même la peau ou bien d'une chemise et d'un haïk. Le *burnous*, le *selhâm* sont réservés aux riches. Chez les nomades du Sud, le haïk, le burnous et la *kechchâba* forment d'ordinaire l'habillement : cette dernière, sorte de surtout, est toujours chez eux en *khent*, cotonnade bleue importée par Mogador. L'unique vêtement de leurs femmes est également en khent. Beaucoup plus au Nord, chez les Rehâmna, les femmes revêtent déjà le khent, dont l'usage, joint à l'habitude de ne pas se laver, donne à leur peau des teintes bleuâtres. L'usage des caleçons est répandu çà et là : par exemple, les Beni-Hassan des environs de Tétouan revêtent des caleçons étroits s'arrêtant au-dessous du genou, une chemise courte et sans manches et une jellâba de couleur foncée. Les Zemmoûr et les Zayân portent la *farajia*, caftan cousu au-dessous de la ceinture et se fermant en haut par une rangée de petits boutons, et le burnous : encore, lorsqu'ils sont en marche, enlèvent-ils le burnous pour le porter sur l'épaule et marcher presque nus. L'habillement d'un citadin de Fez se compose d'un serouâl ou caleçon, d'un *tchâmir*, ou chemise en toile, d'une farajia, d'un hâïk très fin qui entoure le corps et encadre la tête; celle-ci porte un turban en coton blanc. Par-dessus une jellâba, et par-dessus encore un *selhâm*. D'autres portent seulement la jellâba, d'autres la mettent à la place du haïk; souvent enfin le selhâm est supprimé. En général, ils ne portent pas de chaussettes. Quant aux chaussures, l'usage de la *belra*, massive, sans talon, est général : elle est jaune pour les

hommes, rouge pour les femmes, noire pour les Juifs.

L'habillement des femmes dans les tribus est, par tout le Maroc, de la plus grande simplicité et le même, sauf quelques variations sans importance: c'est une pièce de cotonnade maintenue sur les épaules par des agrafes ou *khellâla* qui sont plus ou moins ornées : il y en a dans le Soûs de très grandes en argent; généralement, les deux khellâla placées au-dessus des deux seins sont réunies par une chaîne d'argent. Ce vêtement primitif arrive à peine jusqu'aux genoux. Lorsque la femme travaille aux champs, elle retrousse le bas d'une part, et de l'autre découvre ses épaules; dans la tente, elle laisse le corps à moitié nu, le vêtement n'étant retenu qu'à la ceinture. Est-elle de condition aisée, elle porte un haïk ou une *mançoûria*, ou les deux à la fois. En nombre de régions, les femmes, pour pouvoir plus aisément marcher dans la broussaille, s'enroulent autour des jambes une lanière de cuir. Elles ne se voilent généralement pas, sauf dans les villes (fig. 3). Les femmes de Fez mettent un voile, comme les Mauresques d'Alger, et ramènent le haïk jusqu'au bas du front : à Rabat, comme à Tlemcen, elles n'ont pas de voile, mais ramènent le haïk de façon à cacher la figure et à ne montrer qu'un œil. Nous laisserons la parole à une femme, plus experte que nous en ces matières, pour décrire le costume d'intérieur d'une femme de haute condition : « ... Une dernière porte s'ouvre de l'intérieur, dit Mme de Bacherar, comme par un coup de baguette magique, et nous nous trouvons en face de six femmes, debout et rangées pour nous recevoir. Ce sont la femme, la belle-mère, deux sœurs, une belle-sœur du grand vizir. Elles sont accoutrées de la façon la plus bizarre. Le vêtement de dessus est une longue blouse en étoffe de soie brochée aux couleurs éclatantes et d'une ampleur d'épaules extraordinaire. Sur le ventre, une très longue ceinture de brocart rouge, vert, violet et or, pour la plupart, roide et épaisse, qui, serrée du bas, monte, s'évasant en entonnoir, jusqu'aux seins. Au cou, une profusion de colliers, de pierreries vraies ou fausses. Sur la tête, de larges diadèmes de rubans, roides comme les ceintures, ornés de bijoux et retenant des draperies de soie légère qui tombent richement par derrière. Tout cela, très large, triple le volume de la tête comme le vêtement triple celui du corps. Le front est ceint de bandelettes, les yeux, les sourcils outrageusement peints en noir, sans tenir aucun compte de la forme indiquée par la nature, la lèvre inférieure cerclée de noir, les joues écarlates, entre les sourcils et sur le menton de petits dessins ou raies de couleur. Les ongles des mains et des pieds sont colorés au henné. Elles sont ainsi laides, surprenantes, énormes, semblables à des divinités païennes. »

Les femmes des tribus divisent généralement leurs cheveux, qui ne sont pas très longs, en deux tresses qu'elles laissent pendre; d'autres font deux tresses sur le côté et les ramènent en arrière pour les rattacher aux autres cheveux. Les hommes ont ordinairement les cheveux coupés ras; nous avons signalé déjà la petite tresse des Rifains; les Ida ou Belal laissent pousser leurs cheveux jusqu'à 20 centimètres de longueur; les Zemmoûr et les Zayân portent sur les tempes des mèches de cheveux tombantes qui sont appelées *nouâder* : toutefois les Zâyan n'en portent que d'un côté, tandis que les Zemmoûr ont les deux. La plupart des Juifs marocains, comme leurs coreligionnaires polonais, portent aussi des nouâder de chaque côté de la tête. Cet usage est également suivi par un grand nombre de cavaliers du makhzen. Quand on ne va pas tête nue, on porte un turban : l'usage du *khît* ou corde, fixant le haïk autour de la tête, n'apparaît que vers la Moûlouya, au voisinage de l'Algérie, où il est général.

C'est ici le lieu de dire quelques mots de l'armement. L'industrie indigène produit trois sortes de fusils : le fusil de Tétouan, le fusil du nord de l'Atlas et le fusil du Soûs[1]. Dans les fusils riches, l'ivoire et l'argent sont les principaux éléments d'ornementation. En dehors de ces trois types de fusils, qui sont des fusils à pierre, les Marocains font usage d'armes à répétition fabriquées en Europe ou en Amérique. Ces armes se répandent peu à peu dans l'intérieur du pays de deux façons: par la contrebande des armes, qui se fait en grand sur toute la côte de la Méditerranée, et par l'importation, pour le compte du makhzen, d'un grand nombre d'armes destinées à l'armée et que les soldats ou leurs chefs revendent à des particuliers. La contrebande fournit surtout des Remington ou des Winchester, le makhzen des Martini-Henry, des Comblain et des Winchester. Il y a aujourd'hui certaines régions du Maroc, le Rîf, par exemple, où tous les habitants sont armés de fusils à répétition. L'Europe aura peut-être à regretter plus tard l'inconcevable indifférence avec laquelle elle a laissé importer, tant régulièrement qu'irrégulièrement, et depuis de longues années, les armes de guerre perfectionnées. La poudre est portée tantôt dans une corne plus ou moins ornée d'armatures en cuivre ou en argent, tantôt dans une poudrière en forme de poire, ou, plus souvent encore, en forme de disque (*fakroûa*). Dans ce dernier cas, elle est en cuivre plus ou moins ciselé ou travaillé. Les sacs à plomb employés dans le sud du Maroc et fabriqués dans le Tazeroualt sont tout à fait curieux :

[1] Voyez la figure 7 de l'article de M. Aug. Bernard dans la *Revue* du 30 janvier 1903, p. 84.

ce sont des sacs en cuir jaune, ornés de longues lanières de cuir tombantes. On les porte deux par deux en les attachant à la courroie en sautoir de la poudrière, un par devant et un par derrière. Dans le Nord, on se sert d'une gibecière rectangulaire avec aussi des lanières de cuir en guise d'ornement.

Pistolets et sabres sont relativement peu connus au Maroc. Les Rifains portent la *seboûla* ou poignard à longue lame. Mais la forme de poignard la plus répandue, particulièrement dans le Hoûz et au Sud, est la *koumia* ou poignard court à lame recourbée, enfermé dans un étui ornementé et à bout tout à fait recourbé. Le manche du poignard est étranglé à sa base et sa forme s'approche plus ou moins de celle d'un chapeau de gendarme. On fait des koumia à très bon marché et il y en a aussi de splendides en argent massif; quelques-unes, fabriquées jadis dans le Soûs, sont du travail le plus fin. A côté de cette arme de parade, il peut être intéressant de mentionner les sabres de bois, connus en Algérie, et qui se fabriquent aussi au Maroc dans tout le Gherb : on fait avec eux de terribles blessures.

Les populations belliqueuses, comme les Rifains et les Brâber, sont naturellement d'une grande adresse dans le maniement de leurs armes : ils savent très bien faire partir leur fusil avec le doigt de pied sans que la victime s'aperçoive de ce mouvement, ou tirer doucement leur seboûla sans éveiller l'attention. Ils sont, du reste, extrêmement méfiants au sujet de leurs armes et les laissent difficilement toucher par un autre qu'eux. A la chasse, ils sont fort habiles, mais sans approcher de l'adresse de maint peuple chasseur. Les Marocains du Hoûz emploient beaucoup le sloûgui à la chasse, ainsi que le faucon, qu'ils savent élever comme en Algérie. Graberg de Hemsœ prétend que les Brâber poursuivent le lapin avec l'ichneumon, qu'ils arrivent à dresser comme le furet [1].

III. — La vie affective et le caractère.

La polygamie n'est pratiquée chez les Marocains que dans les villes, et exceptionnellement dans les tribus, chez les gens riches; mais, d'une façon générale, on peut dire que la monogamie est la règle, principalement chez les populations primitives, comme les Rifains, les Brâber, les Chleuh. La polygamie y est même souvent regardée comme une pratique plutôt blâmable, bien qu'elle soit orthodoxe au point de vue musulman. Une coutume extrêmement répandue au Maroc, comme d'ailleurs dans tout le reste de l'Afrique du Nord, est celle du lévirat : on sait qu'on désigne sous ce nom le mariage d'un homme avec sa belle-sœur, après la mort de son frère. On a beaucoup discuté à ce sujet et, comme le lévirat est très répandu sur la



Fig. 4. — *Femme chelha de Merrâkech.*
(Cliché de M. Doutté.)

Terre, on a voulu y voir une survivance d'une époque où la polyandrie était la règle dans l'humanité. Westermarck fait remarquer, et cette remarque se vérifie très exactement au Maroc, que le lévirat a plutôt le caractère d'un devoir incombant au beau-frère de la veuve que d'un droit qu'il exercerait. La condition de la femme au Maroc est exactement ce qu'elle est dans le restant de l'Afrique du Nord : chez les riches, qui pratiquent non seulement la polygamie, mais encore le concubinage avec les esclaves, la femme, entourée d'un certain confort, mais plus ou moins privée de liberté, tend à devenir une créature de luxe; si, en certain cas, elle conserve encore quelque influence, on ne peut pas méconnaître que, suivant les termes de l'auteur que nous citions plus haut, la polygamie est une violation de ses sentiments. En arabe, comme dans beaucoup d'autres langues, le terme dont

[1] **Littérature.** — Les détails sur la vie matérielle des Marocains sont épars dans tous les livres qui traitent du Maroc, dans toutes les relations de voyage. Nous signalons seulement comme particulièrement fertiles en renseignements les ouvrages déjà cités de Rohlfs : *Mein erster Aufenthalt in Marokko*; de Foucauld : *Reconnaissance*; Mouliéras : *Maroc Inconnu*, t. I et II. Outre le travail de Quedenfeldt déjà cité, il faut mentionner tout spécialement son mémoire intitulé *Nahrungs-, Reiz- und kosmetische Mitteln bei den Marokkanern*, dans *Zeitsch. f. Ethn.*, 1887, p. 241, ainsi que l'excellente mission commerciale allemande : Jannasch : *Die deutsche Handelsexpedition*, Berlin, 1886.

se sert une femme pour désigner sa « co-épouse » a un sens défavorable; c'est le mot *dherra*, qui signifie à la lettre « préjudice ». Aussi, dans un grand nombre de contrats de mariage, la femme réussit-elle à faire insérer que son mari ne prendra pas d'autre épouse. Dans les tribus à caractère primitif, au contraire, où la monogamie est restée la règle, la femme, à côté d'une situation matérielle très dure, est néanmoins, à maints égards, entourée de ce respect, parfois superstitieux, dont elle est l'objet chez tous les peuples non civilisés. Assujettie aux plus rudes travaux, brusquée et maltraitée, elle voit cependant, d'autre part, ses avis sollicités et suivis, sa protection recherchée; on sait qu'une ancienne coutume veut qu'un homme qui se met sous la protection d'une femme soit respecté à l'égal de celui qui obtient celle d'un marabout. C'est surtout chez les Brâber que cette coutume, qui se retrouve en Algérie (bien connue en Kabylie), est développée au Maroc. Ce double aspect de la condition de la femme, asservie et rudoyée à certains égards, respectée et même redoutée à d'autres, peut nous expliquer les opinions contradictoires que l'on entend exprimer à ce sujet.

Dans les villes, les fiancés ne se connaissent pas avant le mariage; le mari n'a de renseignements sur sa future que par des parents ou par de vieilles femmes, qui aiment à s'entremettre en de telles circonstances, ou même qui en font un métier. Mais, dans les tribus, les occasions de se voir sont plus fréquentes. Les femmes ne sont généralement pas voilées, et, dans les champs, les hommes les fréquentent plus ou moins, leur adressent la parole et ne s'en tiennent pas toujours là. Les préliminaires du mariage, tant dans les villes que dans les campagnes, sont toujours plus ou moins longs, et la demande officielle n'est faite que lorsque l'on est parfaitement assuré du consentement. Ici, comme dans le restant de l'Afrique du Nord, le mariage a le caractère d'une vente : les dispositions des *kanoûns* ou coutumes kabyles, et même du droit musulman, font d'ailleurs ressortir ce caractère.

La dot, ou mieux le douaire apporté par le mari, c'est-à-dire le prix de la femme, après avoir été souvent l'objet de laborieux marchandages, est, à Fez, de 25 à 250 francs; dans l'Atlas, il varie habituellement entre 25 et 150; mais, chez les pauvres gens, il se fait des mariages pour un douro, c'est-à-dire pour cinq francs. Comme en Algérie et en Tunisie, on se marie très jeune. Avant la noce, il y a d'habitude, dans les villes, une « fête du henné » : on teint en grande pompe les mains et les pieds de la fiancée. A la suite de cette cérémonie, on va la baigner en famille, dans un hammâm que l'on a loué tout entier, exprès pour cela. Souvent, cette cérémonie du henné et du bain est répétée trois fois de suite avant la noce. La conduite de la femme à la maison maritale (*ductio uxoris*) se fait en grande solennité; les parents et les amis du mari vont chercher la fiancée chez ses parents, et, à Fez, elle prend place dans une sorte de grand palanquin, en forme de boîte pyramidale, terminé par une boule et nommé *amaria*, ou, dans d'autres villes, *mhaffa*. Cette amaria est placée sur un mulet, ou même, si elle est trop grande, suspendue entre deux mulets, et le convoi part; en route ont lieu des « fantasias », lorsqu'il y a un espace de terrain suffisant pour que les chevaux puissent s'y déployer. Sinon, elles sont remplacées par des salves de coups de fusils. Dans les campagnes, les choses se passent de même, mais il n'y a pas de palanquin : la femme monte simplement sur un mulet. Souvent au cours de la conduite de la femme ont lieu des simulacres de rapt, particulièrement au moment où on part du domicile des parents, au moment où la femme entre dans la maison où sera célébré le mariage, ainsi qu'au moment où elle sort de chez elle ; on observe aussi diverses coutumes très généralement répandues dans l'Afrique du Nord : manger des dattes et du pain, jeter du sel et du blé, casser des œufs, faire des onctions sur les montants de la porte avec du beurre, etc... Avant la consommation du mariage, le mari a, lui aussi, sa cérémonie du henné : on l'asseoit sur une sorte de trône, et une vieille lui peint la paume des mains et les ongles, pendant que deux femmes à côté de lui choquent des lames de sabre en cadence (Quedenfeldt). Dans les tribus, c'est un usage fréquent pour le mari de tirer un coup de feu aussitôt après la consommation du mariage : ce coup de feu indique qu'il a trouvé sa femme vierge. On ne s'en tient pas, du reste, à ce témoignage et, au Maroc, comme dans toute l'Afrique septentrionale, comme en Orient, on fait passer sous les yeux des invités, et spécialement des invitées, la chemise de la jeune mariée, portant les traces sanglantes, qui sont, pense-t-on, les preuves de sa vertu. La noce dure, en général, de trois à sept jours, selon que l'on est plus ou moins riche; nous ne nous attarderons pas à en décrire les réjouissances, repas, danses, fantasias qui sont à peu près les mêmes dans tous les pays musulmans.

La naissance d'un enfant n'est accompagnée habituellement d'aucune cérémonie particulière. Les Marocaines sont assistées dans l'enfantement par des matrones que l'on appelle *gâbla*; en aucun cas, même en danger de mort, on ne consentirait à appeler un médecin. La circoncision a lieu beaucoup plus tôt qu'en Algérie, où l'on attend habi-

tuellement jusqu'à sept ou huit ans. Dans certaines tribus du Maroc elle a lieu quelques jours après la naissance ; dans les villes, on attend habituellement deux ou trois mois et, dans l'Atlas, quatre ou cinq ans. L'opération et le manuel opératoire ont été décrits par Quedenfeldt; on hâte la cicatrisation de la petite plaie en la saupoudrant de poudre de henné. Une fête a lieu à cette occasion ; lorsque des gens riches célèbrent un mariage ou une circoncision, ils font gratuitement circoncire à cette occasion les enfants du voisinage.

Les coutumes et cérémonies relatives à la mort n'ont pas toujours le caractère triste qu'on pourrait leur supposer : dans le Rîf, chez les Jebâla, il n'est pas d'usage que les femmes se lamentent et se déchirent le visage, comme cela se pratique généralement en Algérie ; les condoléances sont brèves, et l'enterrement n'a pas de caractère solennel et lugubre. A Fez, on ne se lamente pas non plus, on ne se lacère pas la face, on ne se met pas de terre dans les cheveux, etc... Dans le Haut-Atlas, les lamentations sont admises, mais non les autres manifestations matérielles de la douleur ; chez les Brâber, au contraire, comme en Algérie, les femmes poussent des cris et se mettent le visage en sang, pendant qu'une vieille femme dit des chants funèbres en face de la dépouille du mort (Mouliéras). Le lavage du cadavre est fait par des professionnels (*ghessâlin*) ; en certaines régions des Jebâla, dit Mouliéras, on oblige à cette corvée répugnante les talebs, les instituteurs. Pendant que le cadavre est porté au cimetière, on récite, dans quelques pays comme le Rîf, les Jebâla, le poème de la Borda, composé en l'honneur du Prophète par le célèbre El-Boûcîri. A Fez on ne suit pas cet usage, non plus que dans la majeure partie du Maroc. Mais pourtant, au cimetière, les talebs lisent sur le bord de la fosse certaines sourates du Coran. L'inhumation a généralement lieu le plus tôt possible après la mort, le jour même, s'il n'est pas trop tard ; à Fez on se sert de cercueils, mais cet usage n'est pas répandu dans le reste du Maroc, où le cadavre est placé dans la fosse simplement enveloppé dans son linceuil. Dans le Rîf, on vend sur la tombe même du défunt ses habits, et le produit sert à rémunérer les talebs qui ont assisté le mort de leurs prières. Presque partout, il y a un grand repas, qui bien souvent, comme dans d'autres pays, n'a nullement le caractère funèbre que sembleraient commander les circonstances ; chez les Jebâla, la coutume obligerait les parents du trépassé à tenir leur table ouverte pendant quarante jours (Mouliéras).

Tous ces menus usages sont, du reste, variables suivant les régions, et il est difficile d'en donner une bonne vue d'ensemble en peu de mots ; d'une façon générale, les populations du Hoûz et du Gherb, qui forment la plus grande partie du « blad el makhzen » ou pays soumis, ont des mœurs plus douces, plus faciles, plus civilisées que celles des massifs montagneux. Il y a aussi de grandes différences de caractère et il n'est pas aisé de démêler à cet égard des traits généraux. Nous reproduirons ici ce que nous avons écrit ailleurs touchant les Marocains du pays soumis, alors que nous étions encore sous l'influence d'une expérience personnelle récente : « Le trait le plus saillant de leur caractère est un amour effréné du lucre ; ils sont, en conséquence, peu portés à respecter la propriété d'autrui, enclins à déguiser la vérité, à renier leur parole et à oublier leurs engagements, si cela est de leur intérêt personnel. Mais, comme ils ont ces défauts où conduit nécessairement le désir immodéré de la richesse, ils ont aussi les qualités qui accompagnent d'ordinaire une grande âpreté au gain ; nous voulons parler ici de leurs remarquables aptitudes commerciales, qui leur assurent une prééminence marquée dans l'avenir économique de l'Afrique Mineure ; de leur grande constance au travail, qui nous semble en moyenne aussi supérieure à celle des Algériens, exception faite de quelques groupes comme les Kabyles ; de leur prévoyance et de leur esprit d'économie qui, souvent, se transforme en une véritable avarice, excusée d'ailleurs par l'état d'insécurité des fortunes au Maroc. Tant qu'ils sont guidés par leur intérêt, ils sont pour celui qui les emploie d'un dévouement qui touche à l'obséquiosité ; mais, s'ils aperçoivent la possibilité de se soustraire à leur tâche sans léser leurs intérêts, ils ne manquent jamais de le faire. Comme, en définitive, il faut que dans tout caractère les vices et les vertus s'équilibrent pour constituer un ensemble adapté aux relations sociales, il arrive souvent que quelques-uns des défauts que nous signalons sont corrigés par un autre qui est un manque absolu de courage. Les habitants de Fez, surtout, sont devenus proverbiaux pour leur couardise, et l'on en fait des gorges chaudes dans tout l'empire. » Le tableau que de Foucauld a tracé du caractère des populations insoumises parmi lesquelles il a voyagé n'est pas non plus entièrement favorable : « Presque partout, dit-il, règne une cupidité extrême et, comme compagnons, le vol et le mensonge sous toutes leurs formes. En général, le brigandage, l'attaque à main armée sont considérés comme des actions honorables. » Beaumier prétend quelque part que, chez les Zemmoûr, les jeunes gens font des exercices de vol, pour s'apprendre. Les Rifains, les Brâber, les Chleuh montrent de l'attachement pour leurs femmes, mais encore plus pour leurs enfants, au lieu que, dans les villes, on voit des exemples d'ingratitude filiale révoltants. Mais leur plus belle

qualité est la constance de leurs amitiés et le dévouement dont ils font preuve envers les amis; en pays insoumis, il n'est personne qui n'ait risqué maintes fois sa vie pour ses amis; cette vertu, du reste, est un gage de paix dans des sociétés où il n'y a aucun pouvoir central capable d'assurer l'ordre. L'hospitalité est également, au même titre, une vertu éminemment sociale : elle est répandue partout et « elle n'est, dit de Foucauld, l'apanage d'aucun groupe », bien que les nomades, les Chleuh, les Harâtîn se reprochent volontiers réciproquement leur avarice. Il en est de l'hospitalité au Maroc comme en Algérie : elle diminue à mesure qu'on se rapproche des centres, et les tribus les plus civilisées sont aussi généralement les moins hospitalières. Partout, chez les populations indépendantes, la bravoure est une vertu commune, chose naturelle chez des gens qui passent leur vie les armes à la main. Les plus braves et les plus belliqueux sont les Brâber, les nomades sahariens, les Zemmoûr et les Zaïr qui sont derrière Rabat, les Rifains et, après eux, les Chleuh. Les populations des plaines atlantiques sont, à ce point de vue, inférieures. La bravoure, chez les Marocains, n'exclut nullement la prudence : ils sont, en général, surtout les Rifains et les Brâber, d'une méfiance extraordinaire; ils ne s'avancent qu'avec précaution, l'oreille tendue, l'œil scrutant çà et là les pentes des montagnes et sondant les ravins pour y découvrir l'ennemi, qui est partout dans ces pays. Ils ne permettent en aucun cas que l'on touche à leurs armes et ne cessent d'observer attentivement leur interlocuteur. Les nomades du sud joignent à leur bravoure une politesse assez raffinée, tandis que les Chleuh, les Brâber et les Rifains sont rudes et grossiers. Foucauld remarque assez finement qu'on trouve cependant chez ces derniers une certaine bonhomie qui est rare chez les premiers. En tout cas, d'une façon générale, les Marocains sont moins polis que les Algériens, même dans les villes; les formules de politesse sont moins développées, on prend les aliments avec moins de raffinements, le vulgaire se permet même des inconvenances qui ne seraient tolérées, en Algérie et en Tunisie, dans aucune classe de la société. L'abondance des formules de politesse n'est pas, du reste, nécessairement le signe d'une civilisation élevée.



Fig. 5. — *Fantasia à Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

Les mœurs des Marocains sont en général dissolues : de Foucauld en a jugé ainsi pour les peuplades qu'il a traversées. Nos observations personnelles, en ce qui concerne le pays soumis, nous ont conduit à la même constatation : le niveau moral est incontestablement beaucoup plus bas qu'en Algérie. S'il est exact que les Rifains, les Brâber ont des mœurs relativement pures, nous pouvons affirmer qu'en plein pays chleuh, mais soumis au sultan, dans le Haut-Atlas, nous avons trouvé des mœurs très dissolues. Dans les villes comme dans les campagnes s'étale la plaie des amours contre nature, si répandus en Orient; la corruption de la société de Fez est très grande. Les Jebâla semblent être parmi les populations les plus débauchées du Maroc ; le triste tableau de leurs abominables mœurs a été retracé par Mouliéras et, d'après ce que nous avons pu voir, il n'est nullement exagéré. Là, garçons et filles sont mis en vente sur les marchés absolument comme une marchandise; la plupart des jeunes gens ainsi exposés sont originairement des prisonniers faits dans les guerres de tribu à tribu ; beaucoup proviennent aussi de vols, car de continuels enlèvements ont lieu. Malheur au jeune homme qui s'écarte trop des lieux habités : il court le risque de tomber entre les mains de maraudeurs qui sont à la poursuite de ce gibier humain. Le rapt d'une jeune fille et d'un jeune garçon espagnols aux environs de Larache pendant l'année dernière n'a pas d'autre signification. L'auteur que nous venons de citer a opposé aux mœurs des Jebâla celles des

Rifains et des Brâber. Quedenfeldt, qui avait déjà fait cette observation, dit que la luxure et l'adultère sont rares chez les Brâber : ils ne boivent pas d'eau-de-vie et ne fument pas de kif. Les mœurs y ont gardé une simplicité primitive, peut-être parce qu'au rebours des Rifains et des Chleuh, qui s'expatrient volontiers pour gagner leur vie, les Brâber sont très sédentaires; les divertissements sont, non des danses lascives ou des orgies comme chez les Jebâla, mais des fêtes sportives où se mêlent les enfants, les jeunes gens et les hommes faits.

Un des jeux les plus en usage dans ces sortes de fêtes, tant chez les Brâber que dans le restant du Maroc, c'est la *koûra*, ou sorte de balle que l'on se jette l'un à l'autre en la frappant avec un bâton recourbé au bout. Les danses ont un caractère différent dans les campagnes et dans les villes : dans ces dernières, la chorégraphie est le privilège de professionnels, danseuses et danseurs, qui exercent leur art séparément. Les premières, du reste, courtisanes avouées, sont beaucoup plus nombreuses que les seconds, dont les danses plus ou moins lascives ne sont appréciées que dans un milieu social peu élevé. Dans les tribus, au contraire, les hommes et les femmes dansent souvent ensemble; les danses ont un caractère beaucoup plus chaste et sont, en somme, plus gracieuses. Il n'y a pas de danse, pas de réjouissance, pas de fête sans un orchestre invariablement composé de la *raïta* et du *tebel*. La première est une clarinette qui rend un son perçant et nasillard ; le tebel est un tambour en bois, peu enjolivé, dépourvu de tous les ornements du *tar*, ou tambour de basque classique à Alger, et sur lequel on frappe avec la main droite, tandis que la gauche, armée d'une petite baguette, bat le côté inférieur de l'instrument. Le *zammer*, formé de deux cornes reliées par une peau de bête, sorte d'instrument du genre de la cornemuse, est spécial au Rîf. Mais la réjouissance essentielle dans toute cérémonie, chez les tribus, c'est le « jeu de la poudre » ou le « jeu de chevaux » (fig. 5). Les montagnards qui habitent des régions trop accidentées pour les chevaux se contentent de salves bruyantes de mousqueterie; mais, dans les tribus où il y a quelque plaine et où les chevaux sont nombreux, c'est le jeu des chevaux, *laab el kheil*, qui passionne tous les hommes et qui, dans les fêtes, excite les applaudissements des femmes sous la forme des *zrârît* ou « yous-yous », bien connus de tous ceux qui ont visité les pays musulmans. Dans nombre de tribus, le jeu des chevaux a lieu à jour fixe, chaque semaine; de Foucauld rapporte que, chez les Aït Bou Zîd, celui qui n'y assiste pas encourt une amende[1].

IV. — Les maladies, la médecine, les remèdes populaires.

Ce chapitre nous servira de transition vers notre troisième partie; en ethnographie, lorsqu'il s'agit de peuples peu civilisés, il n'est pas possible de séparer l'étude de la médecine de celle des pratiques à caractère magique ou religieux qui l'accompagnent. Les médecins marocains tiennent leurs consultations sur les marchés, absolument comme en Algérie ; dans les villes, cependant, on trouve des praticiens sédentaires. Les médecins du Dadès, région remarquable à plusieurs autres égards, sont regardés comme les plus habiles oculistes : à ce titre, ils circulent dans tout le Maroc pour exercer leur art. Les connaissances scientifiques des médecins marocains sont des plus rudimentaires. Ils reconnaissent quatre tempéraments, qu'ils rappor-



Fig. 6. — *Lépreuse au Hâra de Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

[1] **Littérature.** — Nous avons à faire ici la même remarque qu'au paragraphe précédent; mais nous signalerons spécialement le travail de Quedenfeldt : *Braüche d. Marokkaner b. haüsl. Fest. u. Trauerfällen*, dans l'*Ausland*, 1890, nos 36 et 37. La *Reconnaissance* de Foucauld abonde, comme toujours, en détails intéressants; Rohlf et Mouliéras sont encore à consulter. Le tome II du *Maroc Inconnu* est particulièrement à citer, comme contenant une peinture complète et vigoureuse dans ses détails des abominables mœurs de Jebâla. Le troisième volume de l'ouvrage de Meakin sur le Maroc, annoncé depuis des années sous le titre de *The Moors*, vient de paraître au moment où nous corrigeons ces lignes. On y trouvera de nombreux renseignements, bien que l'ouvrage donne moins que ne promettait le programme de l'auteur : contrairement à ce qu'on aurait attendu de lui, M. Meakin semble manquer de documentation personnelle sur l'intérieur du Maroc. (*Note ajoutée pendant l'impression.*)

tent aux quatre éléments naturels : *nâri*, tempérament de feu ; *mâoui*, tempérament humide; *rîhi*, tempérament aérien ; et *trâbi*, tempérament terreux.

La lèpre paraît exister çà et là, en particulier à Merrâkech, où un quartier est réservé aux lépreux (fig. 6 et 7); mais, comme on confond avec la lèpre (*ijdâm*) toutes sortes d'autres maladies de peau, c'est une question de savoir si même la véritable lèpre existe là-bas. L'éléphantiasis ne paraît pas très répandue; on l'observe, paraît-il, surtout du côté de la ville de Salé. « Un eczéma du cuir chevelu est fréquent chez les enfants, ainsi que l'impétigo. L'usage de raser la tête avec des rasoirs malpropres et émoussés doit favoriser la diffusion de ces



Fig. 7. — *Lepreux au Hâra de Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

affections. Comme dans tous les pays chauds, l'*eczéma marginatum* est répandu au Maroc. Au contraire, les affections connues sous le nom de psoriasis, lichen et lupus sont rares. Une maladie de peau qui n'est pas exactement déterminée est connue des indigènes sous le nom de *Bou Chouika* (la petite épine) » (Quedenfeldt). On traite la gale, très répandue, avec un mélange d'huile et de soufre en poudre. L'habitude de s'épiler et de se raser la tête fait que des parasites comme *Phtirius pubis* L. et *Pediculus capitis* de G. sont rares, mais le *Pediculus corporis* de G., ou pou de corps, pullule partout. Les parasites du groupe des Vers. sont également fort répandus, sans donner lieu à des remarques particulières. Parmi les maladies contagieuses, la rage paraît être rare; mais c'est à tort que Gräberg de Hemsö et Rohlfs ont dit qu'elle était inconnue au Maroc. La syphilis est de beaucoup, comme dans toute l'Afrique du Nord, l'affection la plus répandue ; on l'appelle la « grande maladie », *el merd el kebir* : les accidents tertiaires sont relativement rares, eu égard à la fréquence du mal. On emploie comme remède le sulfate de fer (*zenjâr*), le sulfate de cuivre (*hajra zerga*), les purgations répétées, les infusions de salsepareille (*achba*). La malaria, avec toutes ses manifestations, est répandue dans les vallées, même dans l'Atlas, à des hauteurs où l'on ne s'attendrait pas à la trouver (1.500 mètres) ; on la soigne surtout par des pratiques de sorcellerie. La rougeole et la scarlatine paraissent rares; mais la variole (*jadri*) est très fréquente et se manifeste chaque année par de nombreuses épidémies ; la variolisation par inoculation, et comme moyen préventif, est pratiquée au Maroc comme en Algérie. La peste et le choléra étaient périodiquement importés au Maroc par des pèlerins de la Mecque ; mais, depuis quelque temps, le Conseil sanitaire de Tanger, formé des représentants des différentes puissances européennes, a obligé le Gouvernement marocain à prendre des mesures prophylactiques. L'île de Mogador a été, pendant plusieurs années, désignée pour isoler les pèlerins de la Mecque sous la surveillance d'un médecin européen; mais on a jugé que Tanger était, par sa situation, plus désigné pour ces opérations, et, à l'instigation du Conseil sanitaire, le Gouvernement marocain a enfin décidé d'y construire un lazaret analogue à celui qui fonctionne à Matifou, près d'Alger, et que des délégués marocains ont visité spécialement. Les épidémies de typhus paraissent rares, mais celles d'influenza sont fréquentes et les historiens arabes les mentionnent souvent. Une méningite cérébro-spinale a montré pendant quelques années à Casablanca un caractère infectieux. La dyssenterie est assez commune; on la soigne par l'absorption de préparations d'origan (*zaater*) ou de fenugrec (*helba*). La chlorose, la scrofulose, le rachitisme sont l'apanage des juifs et des citadins sédentaires; la tuberculose pulmonaire est relativement rare. Il n'y a rien de saillant à dire des affections du cœur, des reins, de l'estomac. Les maladies nerveuses, la folie sont relativement peu communes ; ceux qui en sont atteints passent pour saints et on les respecte, tant que leur folie n'est point dangereuse. Les maladies des yeux sont au Maroc extrêmement répandues, comme dans tout le restant de l'Afrique du Nord ; la plus fréquente est la conjonctivite granuleuse ; la conjonctivite purulente, avec toutes ses suites (comme la perforation de la cornée), est également répandue. Ce sont des maladies que l'on soigne peu ; mais l'emploi du koheul peut avoir un effet préventif. La cataracte, assez fréquente, est opérée par les médecins de l'Oued Dâdès à l'aide d'une aiguille

ou d'un *meroued,* petit bâton à pointe mousse qui sert d'habitude à étendre le koheul sur le rebord des paupières.

La chirurgie étant à peu près nulle, le manuel opératoire est très restreint : quelques fers de diverses formes servent à poser des pointes de feu ou à faire des brûlures pour les douleurs rhumatismales et pour une foule d'autres affections où la révulsion ne semble pas le moins du monde indiquée; quelques couteaux, des aiguilles, une spatule constituent l'outillage le plus complet que puisse posséder un médecin marocain. Quedenfeldt a décrit et figuré un bandage pour les hernies, mais ce sont là des choses rares au Maroc. Il n'existe pas non plus nulle part, sauf les créations des Européens dans les villes de la côte, d'hôpital où l'on donne des soins d'une manière suivie. A Rabat, à Fez, à Merrâkech, il y a un *merstân*, qui sert d'hôpital pour les fous; ces malheureux sont là attachés à des chaînes qui pendent du plafond, dans une saleté repoussante, à peine nourris et abandonnés de tous. Les lépreux sont à Merrâkech, spécialement isolés et obligés d'habiter avec leur famille dans le Hâra, quartier qui leur est propre, en dehors de la ville. Les individus atteints de manifestations cutanées de la syphilis, et, en général, des affections de la peau à caractère repoussant, habitent également le Hâra avec leur famille. Il ne leur est pas défendu d'en sortir, mais ils doivent porter un chapeau de paille spécial qui les fait reconnaître.

La matière médicale est assez étendue; ce n'est guère ici le lieu de traiter un sujet si spécial, sur lequel, du reste, nous avons peu de lumières et dont un spécialiste algérien fait en ce moment une étude détaillée. Citons seulement, avec Quedenfeldt, les feuilles de myrte, les sommités de thuya, un mélange de plantes parmi lesquelles le romarin domine, et que l'on appelle du nom général d'*el achoûb*, la graine du *Lepidium sativum* L., diverses espèces de thyms et genres voisins confondus sous le nom de *zaater*, le coriandre, le *fliou* ou menthe pouillot, le *chih* (*Artemisia herba alba* Asso), employé comme antiseptique, de même que le *henna* (henné), qui n'est autre que les feuilles du *Lawsonia inermis* L. pulvérisées, etc..... Les remèdes les plus recherchés sont les aphrodisiaques; l'impuissance, suite probable d'excès génésiques, est en effet fort répandue. On ne manque pas de l'attribuer à des esprits, des démons, ou aux pratiques magiques des sorciers ou sorcières. On « noue l'aiguillette » encore au Maroc comme chez nous dans notre moyen âge; cela s'appelle le *tsikâf*. On combat l'impuissance à l'aide d'une pâte ou *maajoûn*, dans la composition de laquelle entrent : du gingembre, des graines de frêne, du sésame, des noix, des amandes, des glands, du miel et surtout des cantharides pilées; ces insectes sont appelés par les indigènes *debbân el hind*, « mouches de l'Inde ». On utilise aussi, dans le même but, diverses espèces des genres *Lytta*, *Zonabris* et autres. Une préparation très employée pour les soins de la bouche est le *souâk*, que l'on mange pour blanchir les dents et pour rougir les lèvres, et qui n'est autre que l'écorce de la racine du noyer. Les rayons de l'ombelle de l'*Ammi Visnaga* Lam. sont employés pour se curer les dents; on sait que la parfaite conservation des dents et leur blancheur éclatante est un caractère ethnographique remarquable des indigènes du Nord de l'Afrique.

D'autres pratiques relèvent plus ou moins directement de la médecine. Les femmes des Jebâla qui veulent se faire engraisser absorbent l'*oudmi* (*Dianthella compressa* Clauson); ailleurs, dans le même but, on mange le caméléon. Le cœur de la huppe mangé cru donne de la mémoire à ceux qui apprennent le Coran (Quedenfeldt); les écoliers absorbent aussi, dans le même but, la belladone à haute dose (Mouliéras). Manger le cœur d'un poulet rend lâche. Dans certaines tribus, au début du printemps, on absorbe une grande quantité de *driâs* ou *Thapsia garganica* L., ce qui, pense-t-on, met pour un an à l'abri des maladies. La méthode si pratiquée par les sauvages et qui consiste à guérir le semblable par le semblable tient naturellement une grande place dans la médecine populaire du Maroc; par exemple, si quelqu'un est mordu par un chien enragé, on assomme celui-ci, on réduit une poignée de ses poils en cendre et on applique celle-ci sur la plaie. On ne saurait non plus s'étonner, alors qu'il y a peu de temps notre pharmacopée officielle mentionnait encore les têtes de vipère, que la matière médicale marocaine comprenne des articles comme : le *fâr el khîl* ou « rat des chevaux » (*Mustela subpalmata* L.), sorte de belette dont la peau sèche brûlée guérit plusieurs maladies, et la tête du varan, grand lézard du Sud auquel on attribue toutes sortes de vertus. Le varan se nourrit, dit-on, d'œufs de serpent; de là ses propriétés, les serpents étant, ici comme ailleurs, des animaux qui nuisent aux femmes qui allaitent et qui se substituent à leur nourrisson en mettant dans la bouche de ce dernier le bout de leur queue; plus tard, l'enfant a les lèvres bleues. Les serpents venimeux sont surtout connus par les Aïssaoua, qui les font venir du Soûs et de l'Oued Noûn; ce sont généralement la vipère (*Echidna rhinoceros* L.) et le naja (*Naja haje* L.), que les Aïssaoua font mordre dans de l'oignon avant de procéder à leurs exercices. Il semble aussi que, parfois, ils les apprivoisent réellement et que ces reptiles ne cherchent plus à les mordre. Quedenfeldt tient cela pour prouvé, en ce

qui concerne les scorpions, que les Aïssaoua manient impunément. Les Aïssaoua font, du reste, fréquemment leurs exercices avec des ophidiens non venimeux : *Tropidonotus viperinus* Dum. et Bibr., *Zamenis hippocrepis* .... Mais les Marocains croient tous ces serpents dangereux, de même qu'on redoute à l'égal du scorpion une espèce d'arachnide très commune et assez répugnante du genre *Galeodes*, que l'on appelle *agreb er rîh*, « scorpion du vent », à cause de la rapidité et de la légèreté de sa marche.

Les médecins du Drâ et du Tafilelt prétendent guérir leurs clients moins par leur art que par leurs pratiques magiques et religieuses. Mis en présence du malade, ils invoquent aussitôt leur patron, Sidi Mohamed Abd-el-Moula, se mettent sur la langue un fer rougi au feu, qui ne leur fait aucun mal, pour montrer la puissance du saint, et crachent aussitôt sur la partie malade. Ils ne négligent pas, du reste, d'appliquer ensuite un remède matériel. Les *talebs* (savants) offrent aux malades d'autres remèdes, dans lesquels le mode d'emploi seul rappelle les procédés médicaux : ils écrivent, par exemple, des versets du Coran sur des feuilles d'olivier qu'on brûle et dont on inhale ensuite la fumée ; d'autres fois, les caractères sacrés sont tracés sur du papier que le malade avale après l'avoir délayé dans de l'eau. Mais, plus généralement, il suffit de placer le papier dans un sachet en cuir et de le porter sur soi ; c'est alors une véritable amulette, un talisman ou *herz ;* non seulement on porte ainsi des versets du Coran, mais encore différents dessins, comme le sceau de Salomon, ou des carrés magiques contenant des lettres ou des chiffres. Enfin la main en argent est également portée, surtout par les femmes; on sait que ce symbole écarte le mauvais œil. Les Juifs peignent volontiers une main à leur porte, et aussi les musulmans. Le costume des juives comporte toujours un ou plusieurs *khamsa* en argent, et les femmes arabes portent également des bijoux manifestement dérivés du khamsa.

On croit communément que les maladies sont causées par des démons ou des esprits (*djinn*) et, lorsque quelqu'un est malade, on emploie des procédés magiques pour faire passer sa maladie dans le corps d'un animal ou même dans celui d'un autre homme. C'est dans ce but que les nègres et les membres de certaines confréries viennent se livrer près des malades à des danses religieuses. Plus souvent encore on s'adresse à un marabout, auquel on fait une offrande; beaucoup de marabouts ont ainsi une spécialité et guérissent telle ou telle maladie. Souvent, d'ailleurs, on joint à la prière un véritable traitement médical. Cela est le cas, par exemple, dans les eaux thermales et minérales portant le nom d'un saint : la syphilis est traitée de la sorte aux bains de Moulaye Yâkoûb, près de Fez, où est une source très chaude dans laquelle on se plonge en hurlant des invocations aux saints, hurlements qui aident les malades à supporter la température très élevée de l'eau[1].

Edm. Doutté.
Chargé de cours à l'École supérieure des Lettres d'Alger.

LA CONCENTRATION DES VINS

La concentration du vin a fait, depuis quelques années, l'objet de recherches de la part de savants et d'industriels. Le but que ceux-ci visaient était de réduire le volume du vin en lui enlevant une certaine quantité d'eau, de manière à obtenir un liquide riche en alcool, par conséquent peu altérable et d'un transport plus facile et plus économique. Dans l'esprit de ceux qui avaient entrepris ces recherches, le vin concentré devait trouver d'importantes utilisations dans l'armée, la marine, etc... Les procédés industriels de concentration du vin sont, dès maintenant, susceptibles d'applications pratiques; aussi nous a-t-il semblé qu'il y aurait quelque intérêt à exposer ici l'état actuel de cette question.

Pour concentrer le vin, on peut employer deux procédés : 1° *la congélation ;* 2° *la distillation dans le vide.*

Le premier procédé consiste tout simplement à congeler partiellement le vin et à extraire sous forme de glace une partie de l'eau que renferme ce liquide.

Le second procédé est plus compliqué ; il consiste à distiller le vin dans le vide ; on obtient ainsi, d'une part, un résidu aqueux contenant toutes les matières fixes du vin, et, d'autre part, des vapeurs d'eau et d'alcool. Ces dernières passent dans une colonne de rectification, qui sépare l'alcool et élimine

[1] **Littérature.** — Outre les ouvrages généraux que nous avons déjà cités plusieurs fois, nous devons mentionner ici spécialement : Rohlfs : *Mein erster Aufenth. in Marokko.* Norden, 1886, 3e éd., p. 133 ; *Quid novi ex Africa?* Cassel, 1886, p. 194. et Quedenfeldt : *Krankh., Volksmed. u. abergl. Kuren in Marokko*, dans l'*Ausland*, 1891, nos 4, 5 et 7. Nous avons généralement suivi ce dernier travail. Le Dr Raynaud, d'Alger, vient de publier un travail étendu sur la médecine marocaine ; on y recueille d'utiles et intéressants renseignements.

une forte proportion d'eau. L'alcool est mélangé au résidu aqueux contenant les matières fixes du vin et ce mélange constitue le vin concentré.

Examinons successivement ces deux modes de préparation.

I. — Congélation.

On sait que, lorsqu'on soumet à l'action du froid un mélange d'eau et d'alcool, on peut séparer de la glace presque pure par congélation partielle. Le point de congélation du mélange s'abaisse au fur et à mesure que la proportion d'alcool s'accroît dans le mélange.

Voici, suivant M. Raoult[1], les températures auxquelles se congèlent divers mélanges d'eau et d'alcool:

Alcool °/₀ en volume	Température de congélation
0	0
4,8	— 1°,5
10,6	— 3°,5
14,2	— 5°
20,4	— 8°
26,4	—12°
29,1	—14°
40,0	—24°
47,9	—32°

Ces résultats étant traduits en courbe (fig. 1), on voit que, jusque vers 10° d'alcool, la température de congélation s'abaisse d'une manière à

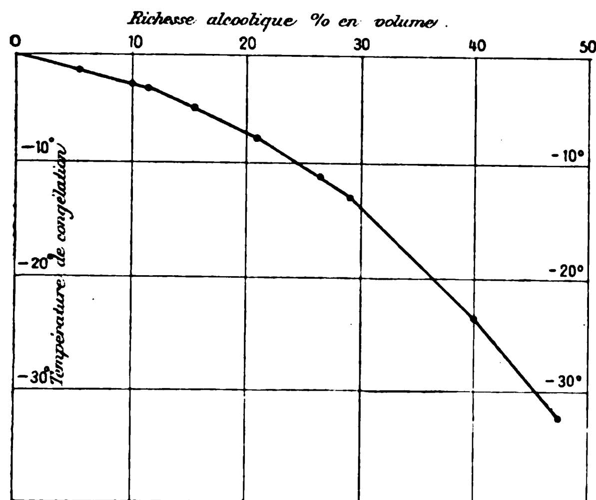


Fig. 1. — *Courbe des points de congélation des mélanges d'eau et d'alcool.*

peu près régulière. La courbe fléchit ensuite d'une manière très sensible. De 0 à 10°, un accroissement de richesse alcoolique de 1° ne correspond qu'à un abaissement de température de 0°33, tandis que, de 40 à 50°, chaque degré alcoolique supplémentaire correspond à un abaissement de température de plus de 1°.

Si, au lieu d'opérer sur de simples mélanges d'eau et d'alcool, on opère sur des boissons fermentées, on constate que le point de congélation de celles-ci est inférieur à celui des solutions alcooliques de titre corespondant. Ce sont les substances extractives, existant dans ces boissons fermentées, qui abaissent le point de congélation.

Voici les chiffres que donnait Raoult à ce sujet :

	Alcool °/₀ en volume	Point de congélation	Point de congélation d'un mélange d'eau et d'alcool de même richesse
Cidre	4°,8	— 2°,0	— 1°,5
Vin	6°,8	— 2°,7	— 2°,2
—	10°,3	— 4°,4	— 3°,4
—	15°,2	— 6°,9	— 5°,5
Marsala . . .	20°,7	—10°,1	— 8°,1

Quand on soumet le vin à l'action du froid, on observe d'abord la précipitation de certaines substances qui y sont dissoutes; le tartre, notamment, se dépose en partie. Quand la température du vin atteint —6°, la congélation de l'eau qu'il renferme commence à se produire : elle s'accentue au fur et à mesure que la température s'abaisse et qu'on prolonge l'action du froid.

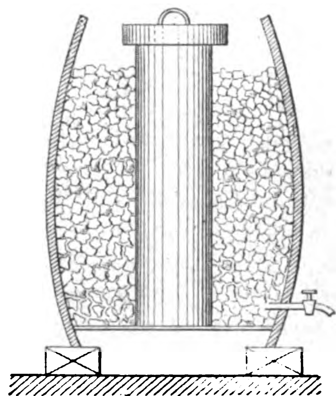


Fig. 2. — *Dispositif adopté par Vergnette-Lamotte pour opérer la congélation des vins.*

La congélation des vins a été conseillée vers 1850 par Vergnette-Lamotte pour l'amélioration des vins et notamment des vins de Bourgogne. Cet œnologue préconisait, pour faire cette congélation, l'emploi de sorbétières en fer-blanc (fig. 2), de forme cylindrique, ayant 90 centimètres de hauteur, 42 centimètres de diamètre et une contenance de 114 litres environ (la moitié d'une pièce de Bourgogne). Cette sorbétière était placée dans un tonneau défoncé. On la remplissait de vin, puis on mettait dans la futaille des couches successives de neige ou de glace pilée et de sel, en ayant soin de placer le sel autour de la sorbétière. On employait environ deux parties de neige et une de sel. Au bout de douze heures, on faisait écouler les eaux salées du tonneau et on ajoutait une nouvelle quantité de glace ou de neige et de sel. Douze heures après, la congélation du vin est suffisante et, au

[1] *C. R. de l'Acad. des Sciences*, 1880, t. XC, p. 865.

moyen d'un long siphon en fer-blanc, on décante le vin; on fait passer celui-ci à travers un tamis de crin pour retenir les petites lamelles de glace qui peuvent être entraînées. Suivant Vergnette-Lamotte, les conditions les plus favorables pour opérer la congélation sont une température de —12° et une durée d'action de froid de vingt-quatre heures. On sépare ainsi, suivant la richesse alcoolique du vin, de 7 à 15 °/₀ de glace. Les vins soumis à la congélation ont acquis certaines qualités. Ils se clarifient, laissent déposer une partie de leurs matières colorantes et azotées; le froid leur fait subir une sorte de collage. Les vins congelés ont aussi plus de nerf, plus de vivacité; ils sont moins sujets à subir des fermentations secondaires. Enfin, leur richesse alcoolique est accrue, mais cet accroissement n'est pas considérable, car la partie congelée renferme une proportion notable d'alcool.

Voici, en effet, quelques-uns des résultats obtenus par Vergnette-Lamotte :

	1	2	3	4	5
Degré alcoolique du vin mis en expérience	11°,5	12°,7	13°,2	10°,5	12°,27
Quantité de glace séparée	12	7	20	8	7
Quantité de vin congelé obtenue	88	93	80	92	93
Degré alcoolique de la glace	7°,0	7°,43	7°,4	5°,1	7°,7
Degré alcoolique du vin congelé	12°,12	13°,1	14°,65	10°,97	12°,61
Degré alcooliq. qu'aurait eu le vin si la glace séparée n'avait pas renfermé d'alcool	13°,06	13°,65	16°,5	11°,41	13°,19
Accroissement de degré alcoolique observé	0°,62	0°,40	1°,45	0°,47	0°,34
Accroissement de degré alcoolique qu'on aurait observé si la glace séparée n'avait pas renfermé d'alcool	1°,55	0°,95	3°,30	0°,91	0°,92

Divers expérimentateurs ont repris l'étude de la congélation des vins et ont employé cette méthode pour préparer des vins concentrés.

Pour obtenir des vins concentrés par congélation, on soumet le vin à l'action d'un froid assez intense produit par une machine frigorifique et l'on agite le vin de manière à ce que les cristaux de glace qui se forment soient très ténus, et ne puissent entraîner avec eux de liquide alcoolique. Quand on a obtenu une congélation suffisante, on soumet le liquide partiellement congelé à l'action d'une turbine pour séparer la glace. On peut, si l'on n'a pas poussé trop avant la congélation, obtenir cette glace à un assez grand état de pureté et la perte d'alcool devient alors très faible.

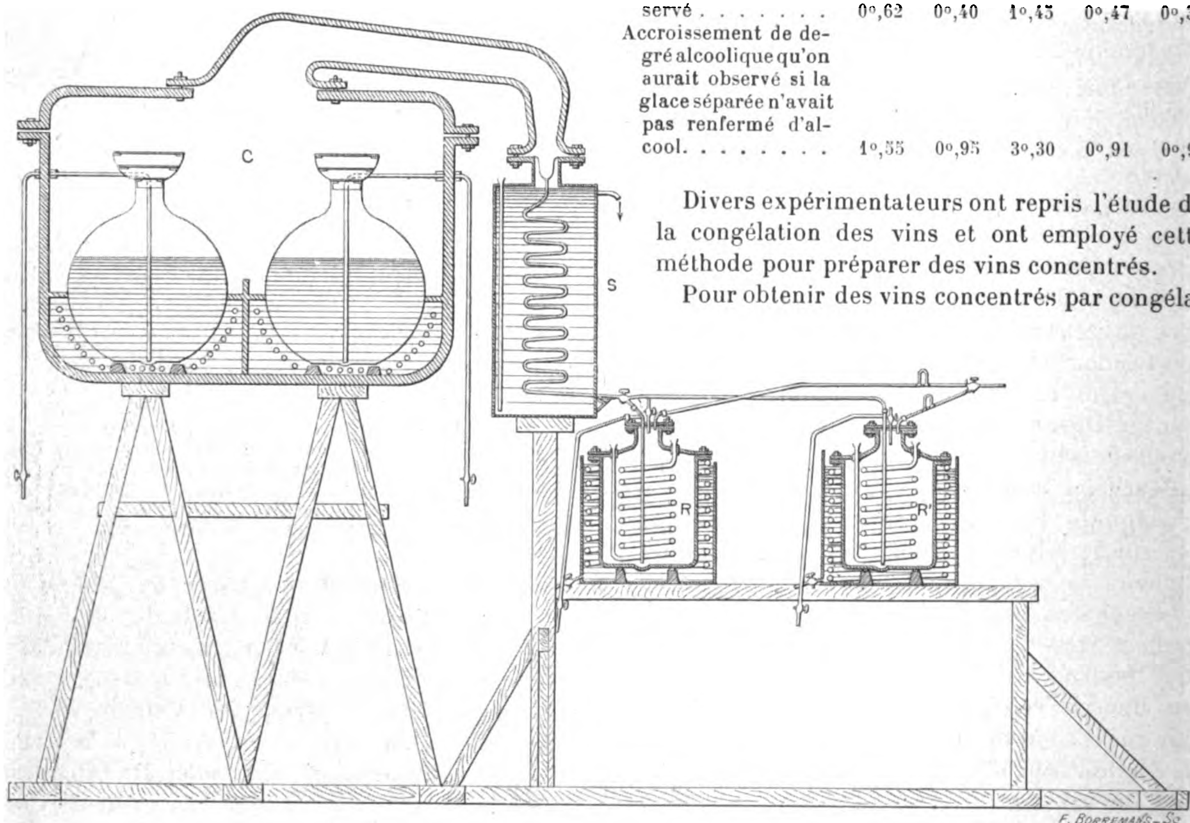


Fig. 3. — *Appareil Garrigou pour concentrer le vin.* — C, caisse métallique dans laquelle sont disposées les bonbonnes de verre contenant le vin à distiller; S, réfrigérant; R et R', récipients servant à recueillir l'alcool distillé.

II. — Distillation dans le vide.

Nous avons dit quel était le principe de ce mode de préparation du vin concentré. Ce procédé a été

étudié principalement par M. Garrigou et par MM. Baudoin et Schribaux.

M. Garrigou a consacré de nombreux travaux au vin concentré et il les a résumés dans un petit volume [1] dans lequel on trouve la description des appareils qu'il préconise pour effectuer la concentration.

L'un de ces appareils est formé par une grande caisse en tôle C (fig. 3), dans laquelle on place quatre bonbonnes de verre d'une contenance de 50 à 60 litres. Ces bonbonnes reposent sur une planche de tôle percée d'ouvertures rondes et munie de lanières de caoutchouc. Ces bonbonnes sont plongées dans un bain de glycérine, qui peut être chauffé au moyen de vapeur produite par un générateur. Des siphons en argent ou autre métal inattaquable sont placés dans chaque bonbonne et permettent d'en effectuer le remplissage et la vidange.

La caisse en tôle contenant les bonbonnes est surmontée d'un chapiteau. Celui-ci communique avec un réfrigérant S dans lequel circule de l'eau très froide. Enfin, ce réfrigérant communique avec deux vases récepteurs R et R', plongés dans un bain réfrigérant. Ces deux vases récepteurs sont munis de siphons.

Pour faire fonctionner l'appareil, on y fait d'abord le vide. On introduit ensuite le vin par aspiration au moyen des siphons dont sont munies les bonbonnes. On chauffe ensuite le bain de glycérine à la vapeur. Le vin entre en ébullition et on recueille dans les récipients R et R' les vapeurs alcooliques condensées dans le réfrigérant S. Quand on juge que la concentration est suffisante, on arrête le chauffage, on refroidit le bain de glycérine en envoyant de l'eau froide dans les tubes du serpentin de vapeur, on fait rentrer l'air dans l'appareil et on soutire au moyen des siphons le résidu de la distillation et le liquide alcoolique distillé. On soumet celui-ci à une rectification pour en éliminer de l'eau et on opère le mélange de l'alcool concentré avec le résidu contenant toutes les matières fixes du vin.

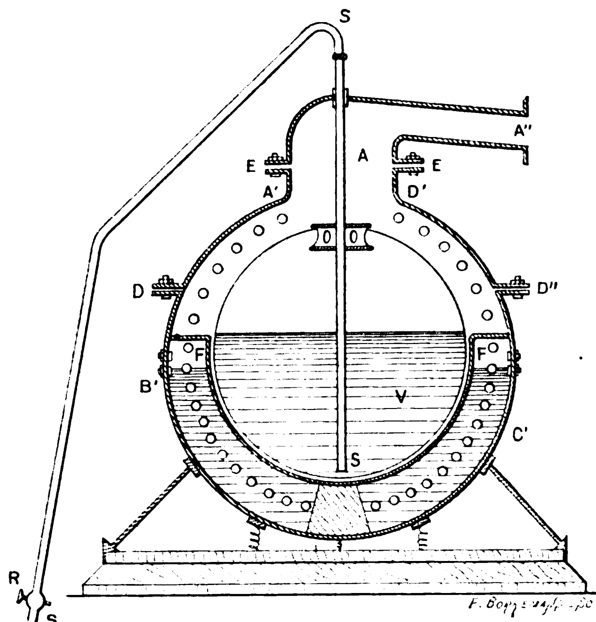


Fig. 4. — *Appareil Garrigou pour concentrer les vins. (coupe en profil).* — A'B'C'D', cylindre extérieur en tôle; FF, bain de glycérine chauffé à la vapeur; V, vin contenu dans un cylindre en aluminium; A, chapiteau; A'', tuyau conduisant au réfrigérant; SSS, siphon; R, robinet de vidange et de remplissage; D, E, fermetures.

M. Garrigou a décrit un appareil qui diffère du précédent en ce que la distillation du vin s'effectue dans un récipient en aluminium, métal qui, lorsqu'il est pur, n'est pas attaqué par le vin.

Cet appareil (fig. 4 et 5) a la forme d'un cylindre horizontal. Il se compose de deux cylindres concentriques : l'un extérieur, A'B'C'D', en tôle de fer; l'autre intérieur, en aluminium.

Ce dernier est ouvert à sa partie supérieure. L'espace annulaire F qui existe entre les deux cylindres est rempli de glycérine F.

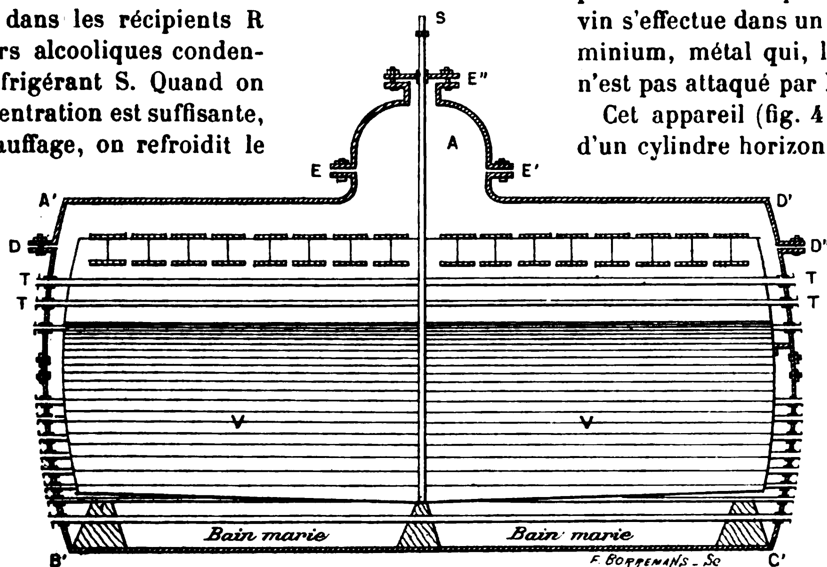


Fig. 5. — *Appareil Garrigou pour concentrer les vins (coupe en long).* — A'B'C'D', cylindre extérieur; TT, tuyaux de vapeur servant au chauffage du bain-marie de glycérine; VV, vin; A, chapiteau; S, siphon; D, D'', E, E', E'', fermetures.

L'appareil qu'ont imaginé MM. Baudoin et Schribaux diffère du précédent en ce sens qu'il est

[1] *Le vin concentré*, Paris, 1901.

continu au lieu d'être discontinu. Cet appareil, que les auteurs ont appelé *enrichisseur pour vins*, est constitué essentiellement (fig. 6) par un évaporateur multitubulaire F, en aluminium pur, chauffé par la vapeur ; cet évaporateur porte rapidement le vin à l'ébullition; la partie non volatilisée, exempte d'alcool et renfermant tous les matériaux solides du vin, tombe à la partie inférieure, passe par un réfrigérant R, et s'écoule par le tube M. Les vapeurs d'eau et d'alcool, produites dans l'évaporateur, se rendent par le

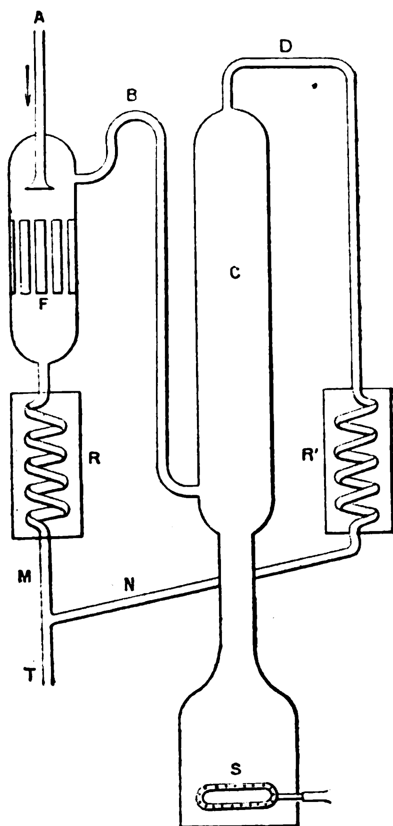


Fig. 6. — *Schéma de l'appareil Baudoin et Schribaux pour concentrer le vin.* — A, arrivée du vin; F, évaporateur multi-tubulaire; R, réfrigérant; M, tuyau d'écoulement de la vinasse concentrée; B, tuyau de départ des vapeurs hydro-alcooliques; C, colonne de rectification; S, chauffage de la colonne de rectification; D, tuyau de départ des vapeurs alcooliques; R, refrigérant pour les vapeurs alcooliques; N, tuyau d'écoulement de l'alcool; T, écoulement du vin concentré.

tube B dans un analyseur ou colonne de rectification C, chauffé par la vapeur à la partie inférieure, S ; l'alcool concentré s'élève dans la colonne, passe par le tube D, se refroidit en R' et vient rejoindre, par le tube N, le liquide aqueux contenant les principes solides du vin. L'eau se trouve éliminée à la partie inférieure de la colonne C.

L'introduction du vin dans l'appareil se règle suivant le degré de concentration qu'on veut obtenir. Admettons, par exemple, qu'on veuille concentrer à 50 °/₀ un vin à 10° d'alcool : on vaporisera dans l'évaporateur les 2/3 du liquide; il s'écoulera donc, par le tube M, 33 °/₀ de vinasse. Les 67 °/₀ de liquide vaporisés seront rectifiés de manière à obtenir 17 °/₀ d'alcool (qui marquera en moyenne 59°) et 50 °/₀ d'eau qui s'élimineront dans la colonne de l'analyseur. Les 17 °/₀ d'alcool et les 33 °/₀ de vinasse se réunissant en T donneront 50 °/₀ de vin concentré.

L'appareil de MM. Baudoin et Schribaux (fig. 7), construit par M. Fouché, appareil dont nous venons de donner le principe, comporte :

1° Un évaporateur multitubulaire continu A, chauffé par la vapeur et spécialement disposé pour assurer une évaporation très rapide du vin;

2° Un analyseur B, pourvu à sa partie inférieure d'une chaudière chauffée par la vapeur;

3° Un condensateur d'alcool C;

4° Un collecteur-mélangeur D ;

5° Un régulateur E pour l'introduction continue du vin ;

6° Un filtre I pour le vin à l'entrée de l'appareil ;

7° Un régulateur F pour l'extraction des eaux;

8° Deux pompes H, l'une pour l'extraction des eaux, l'autre pour l'extraction du vin enrichi;

9° Une pompe à air faisant le vide dans tout l'appareil ;

10° Un moteur et une chaudière à vapeur;

11° Un tableau sur lequel sont réunis tous les appareils et robinets de réglage.

La figure 7 montre l'ensemble de cet appareil. Pour le faire fonctionner, on établit d'abord le vide dans l'appareil ; le vin est alors aspiré dans le fût K, il traverse le filtre I et ensuite le régulateur E.

Il coule alors, avec le débit réglé, dans l'évaporateur A, où il se trouve en contact avec des surfaces tubulaires chauffées par la vapeur de la chaudière.

L'alcool, les bouquets et une partie de l'eau sont vaporisés, et le vin coule dans le collecteur-mélangeur D, après avoir traversé un refroidisseur.

Les vapeurs se rendent dans l'analyseur B, que les vapeurs alcooliques et les bouquets traversent, pour se liquéfier dans le condensateur d'alcool C.

Le liquide ainsi produit, qui est l'alcool à haut degré, s'écoule dans le collecteur D, où il se mélange au vin sortant de l'évaporateur A.

La pompe H extrait les deux liquides et en opère le mélange intime. Elle les refoule dans le tonneau L.

Par l'intermédiaire du régulateur F, la seconde pompe extrait de l'analyseur les eaux chargées seulement d'acide acétique.

Enfin, le vide est réglé dans l'appareil par un régulateur spécial G.

On voit que l'on doit, au début de l'opération, régler une fois pour toutes l'arrivée du vin, les robinets de chauffage et les robinets de refroidissement de l'analyseur et du condensateur d'alcool; cela se fait très facilement par le tableau sur lequel sont réunis tous les robinets de réglage et les indicateurs.

Le réglage une fois fait, l'opération se continue sans arrêt et, aussi longtemps qu'on fournit à l'appareil du vin de même degré, elle donne aussi le même vin enrichi.

J'ai concentré au moyen de l'appareil Baudoin et Schribaux un certain nombre de vins rouges et blancs; j'ai pu constater que l'opération se fait régulièrement et bien, mais qu'il est nécessaire que l'appareil soit surveillé attentivement.

La comparaison entre ce dernier appareil et ceux qui sont décrits par M. Garrigou me paraît, d'ailleurs, être tout à l'avantage du premier; 1° parce qu'il est continu; 2° parce que le vin n'est soumis que pendant un temps très court à l'action de la chaleur. L'appareil peut être facilement réglé de manière à maintenir un vide de 20 centimètres de mercure; or, sous cette pression, la température d'ébullition de l'eau est d'environ 65°. On peut donc dire que, dans cet appareil, le vin n'est porté qu'à une températare maximum de 70°, et cela pendant le temps très court qu'il met pour traverser l'évaporateur.

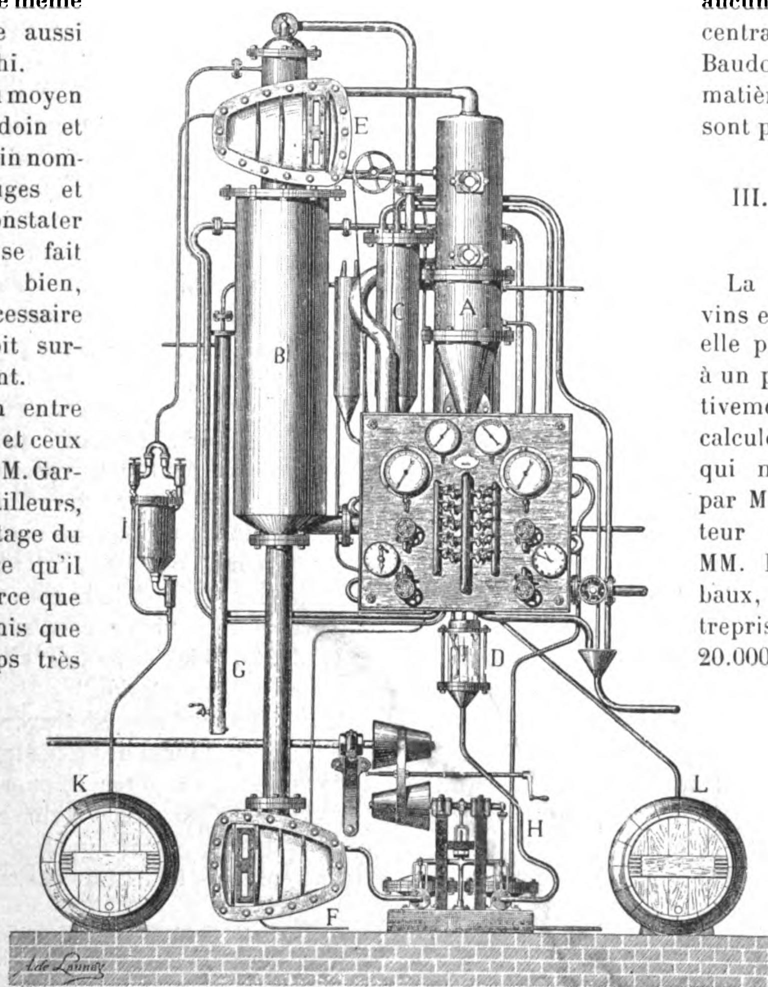


Fig. 7. — *Appareil Baudoin et Schribaux pour la concentration du vin.* — K, fût contenant le vin à concentrer; I, filtre à vin; E, régulateur pour l'introduction continue du vin; A, évaporateur; B, analyseur; F, régulateur pour l'extraction des eaux; C, condensateur d'alcool; D, collecteur où se fait le mélange de vinasse concentrée et d'alcool; H, pompe; L, fût de réception du vin concentré; G, régulateur de vide.

Il en résulte qu'à la dégustation on n'observe pas d'altération notable du goût. Un certain nombre de dégustateurs, auxquels j'ai soumis des vins qui avaient été concentrés dans cet appareil, n'ont trouvé, en général, aucun goût anormal. Un Aramon marquant 8°, qui avait été concentré de manière à marquer 13°, a été classé comme vin d'Espagne bien fruité.

Au point de vue de la composition chimique, on observe deux modifications intéressantes : une perte de tartre, qui s'explique aisément par le fait de la concentration et de l'élévation du degré alcoolique, et une perte d'acides volatils. Ceux-ci sont en partie éliminés dans l'analyseur.

Au point de vue de la couleur, le vin n'éprouve aucune perte par la concentration dans l'appareil Baudoin et Schribaux; les matières colorantes ne sont pas altérées.

III. — Critique des résultats.

La concentration des vins est donc réalisable; elle peut même se faire à un prix de revient relativement peu élevé. J'ai calculé, avec les données qui m'ont été fournies par M. Fouché, constructeur de l'appareil de MM. Baudoin et Schribaux, que, dans une entreprise où l'on traiterait 20.000 hectolitres par an, de manière à obtenir 10.000 hectolitres concentrés à 50 °/₀, le prix de revient serait d'environ 1 franc par hectolitre de vin traité. Reste donc à savoir quelles seraient les applications dont seraient susceptibles les vins concentrés et quels services pourrait rendre la concentration.

Tout d'abord, il est intéressant de voir jusqu'à quel point on peut pousser celle-ci. Le maximun de concentration possible consiste à amener, d'une part, l'extrait du vin à être de consistance pâteuse, et, d'autre part, à rectifier l'alcool pour l'amener à haut degré. Dans ce cas, il faut renoncer à mélanger l'extrait du vin à l'alcool. M. Garrigou, qui, dans ses recherches, a poussé la concentration jusqu'à

ces limites extrêmes, en donne lui-même le conseil. On reconnaîtra que c'est peu pratique, et, d'ailleurs, il ne faut pas s'attendre, lorsque l'opération est poussée aussi loin, à reconstituer avec ces éléments un vin de qualité réellement bonne.

Il ne faut donc pas pousser la concentration à un point tel que l'alcool ne puisse être remis en présence des matières fixes du vin. Dans ce cas, il ne me paraît pratiquement pas possible de dépasser, pour les vins concentrés, un titre alcoolique de 20 à 25° au maximum. On voit que, si l'on part d'un petit vin de plaine du Midi, cela représente une concentration de près des deux tiers, et, pour un vin de richesse alcoolique assez élevée, une concentration de moitié.

Pour certaines applications, il n'est même pas utile de pousser aussi loin la concentration. On peut se proposer, en effet, de préparer, avec des vins légers, des vins plus corsés et plus riches. C'est là surtout le but que MM. Baudoin et Schribaux paraissent avoir visé, car ils ont donné à leur appareil le nom d'*enrichisseur des vins*.

IV. — Avantages de la concentration

Voyons maintenant quels sont les avantages que présente la concentration et les applications dont elle est susceptible.

La concentration présente deux avantages : elle réduit le volume du vin et elle soustrait ce liquide à l'influence de tous les ferments de maladie ou d'altération qui ne peuvent se développer que dans un milieu faiblement alcoolique.

Il y a donc avantage au point de vue de la facilité du transport et au point de vue de la conservation du vin : deux choses qui, dans la pratique, présentent un grand intérêt.

Les applications dont la concentration est susceptible découlent de ces deux avantages : la concentration peut s'appliquer au transport des vins dans les pays éloignés et elle peut s'appliquer à la conservation des vins à faible degré alcoolique, sujets à la casse, à la tourne, à la piqûre, etc.

Une autre application de la concentration consiste à enrichir des vins faibles pour préparer à volonté des types de vin à degrés alcooliques déterminés. C'est l'application que MM. Baudoin et Schribaux ont eue en vue lorsqu'ils ont présenté leur appareil sous le nom d'*enrichisseur des vins*.

A leur avis, l'enrichisseur doit être l'appareil régulateur de tout grand vignoble ou du chai de tout exportateur.

Il est difficile de prévoir quel est l'avenir réservé à la concentration des vins ; mais il est permis de supposer que cette pratique nouvelle pourra rendre des services, surtout si on l'applique de telle manière qu'elle ne puisse devenir une source de fraudes.

Nous produisons dans le midi de la France environ 10 millions d'hectolitres de petits vins dans les vignobles de plaines à grand rendement. Ces petits vins sont souvent d'une conservation précaire. Modifier les vignobles qui les produisent, en changer les cépages, les modes de culture, cela entraînerait les viticulteurs de cette région à faire de très lourds sacrifices. Il semble qu'il serait beaucoup plus simple de continuer à produire ces petits vins, sauf à les *enrichir* ensuite en leur faisant subir une concentration partielle, de manière à obtenir des vins plus corsés et plus résistants.

En poussant plus loin la concentration, on pourrait préparer des vins concentrés, qui trouveraient, sans doute, d'intéressantes applications dans le commerce d'exportation.

La viticulture française traverse une crise qui est due à la surproduction et à la diminution des exportations. Sans exagérer l'importance que pourra prendre la préparation des vins concentrés, on peut espérer qu'elle pourra apporter quelques modifications heureuses à l'état de choses actuel.

X. Rocques,
ingénieur-chimiste,
ancien chimiste principal
du Laboratoire Municipal de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Boussinesq (J.), *membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **Théorie analytique de la Chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et avec la Théorie mécanique de la lumière.** *Tome I :* **Problèmes généraux.** — 1 *vol. in-8° de* XXVII-333 *pages, avec* 14 *figures.* (*Prix* : 10 fr.) — *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1902.

M. Boussinesq a entrepris d'exposer, dans un ouvrage d'ensemble, les idées directrices dont son enseignement à la Sorbonne est pénétré, et au moyen desquelles il coordonne les phénomènes mécaniques, thermiques et optiques, qui constituent une partie importante du champ d'études de la Physique mathématique. C'est du premier volume de cet ouvrage que nous avons à parler aujourd'hui. Comme tous les autres ouvrages de M. Boussinesq, celui-ci porte sa marque, tant dans la conception que dans le style. Toujours soucieux de rester en contact avec la Nature, ce n'est pas sous forme d'hypothèse énoncée avec une précision mathématique qu'il introduit les principes nécessaires à la mise en équations de chaque question importante; c'est plutôt sous forme de description minutieuse du phénomène lui-même et du mécanisme de sa production, ce qui impose au lecteur l'obligation de réfléchir lui-même à la question, et de bien comprendre en quoi le problème physique diffère du problème mathématique qu'on lui substitue, dans quelles limites il lui ressemble. Je voudrais, en suivant de près l'auteur, donner une idée de son programme et de ses principes.

« C'est sur l'hypothèse du rayonnement particulaire que l'enseignement de la théorie de la propagation de la chaleur est resté édifié jusqu'ici. On sait cependant, depuis un demi-siècle, que la chaleur n'est pas une matière ou un fluide ; car elle s'évalue en kilogrammètres. Elle est donc, comme un grand nombre de philosophes et de physiciens s'en étaient doutés depuis longtemps, de la nature d'un travail, ou d'une demi-force vive, bref, d'une énergie; et sa lente propagation dans les corps, malgré l'étonnant contraste qu'elle offre avec les rapides et presque intégrales transmissions de l'énergie soit sonore, soit surtout lumineuse ou calorifique rayonnante, doit être comprise, comme celles-ci, au nombre des phénomènes vibratoires, ou résulter, au fond, des lois du mouvement des systèmes matériels.

« C'est pourquoi, ayant eu, en qualité de professeur de Physique mathématique à la Sorbonne, à enseigner cette belle et capitale branche de la Philosophie naturelle, j'ai cru devoir, malgré la nouveauté et la difficulté du sujet, tenter d'en établir les principes dans l'hypothèse thermodynamique. J'ai donc fait de cette théorie une sorte de contre-partie de la théorie même des ondes lumineuses, en considérant la chaleur des corps comme de la chaleur rayonnante *condensée* et, par conséquent, comme un mouvement vibratoire, dont les équations sont, il est vrai, en raison même de cette condensation, autrement particularisées que celles des mouvements *par ondes*, mais ne rentrent pas moins qu'elles dans les formules générales de la Mécanique moléculaire. »

Tel est le programme que se trace M. Boussinesq dans son Introduction. Des citations, empruntées aux sept premiers chapitres du livre, vont montrer comment est établi le lien théorique entre la lumière et la chaleur, et dans quelle mesure il est fait appel aux notions d'observation.

« Dans l'hypothèse qui fait de la chaleur une énergie liée à l'agitation imperceptible de la matière, la température ne peut avoir une valeur distincte pour chaque point matériel en vibration. En effet, le mouvement d'un point affectera, durant tout instant de longueur à peine sensible, les phases et les vitesses les plus variées, tandis que la température sera quelque chose d'essentiellement indépendant de ces phases, quelque chose ou de persistant ou de très lentement variable, en comparaison des phases dont il s'agit : elle exprimera un état *général* de mouvement, un degré moyen d'agitation, supposant et concernant des myriades de points matériels dans le petit espace où on la considérera. Il n'est donc plus possible d'attribuer, avec Fourier, une température propre à chaque point matériel du corps, ni, par conséquent, de ramener les échanges de chaleur à un rayonnement intermoléculaire, réglé, dans chaque groupe de deux molécules, sur la différence de leurs températures.

« Ainsi, tout est à examiner à fond et à remanier, dans les bases de la théorie de la propagation de la chaleur, pour y mettre des démonstrations en harmonie avec la Thermodynamique. »

Bien entendu, ici, et dans tout l'ouvrage, c'est la théorie mécanique de la chaleur (suivant le langage actuel des physiciens) qui est désignée sous le nom de Thermodynamique.

« On concevra les molécules animées de mouvements visibles quelconques, et de plus soumises à de très vifs mouvements vibratoires, d'amplitudes très faibles, et de périodes extrêmement courtes, constituant une agitation imperceptible à nos sens en tant que mouvement, quoique appréciable dans son ensemble comme sensation de chaleur.

« Ces vibrations s'effectuant d'une manière irrégulière et confuse, la phase, l'amplitude, peut-être même la période, peuvent varier sans continuité d'une molécule à la voisine, d'une oscillation à la suivante. »

Les éléments du mouvement visible, position et vitesse, lentement variables, sont les moyennes des positions et vitesses des très nombreuses molécules qui constituent un élément de volume; « l'énergie actuelle de chaque élément de volume matériel est la somme des deux énergies actuelles qu'il posséderait séparément s'il éprouvait ou son mouvement visible seul, ou son mouvement calorifique seul. »

Cette demi-force vive provenant des vitesses invisibles, M. Boussinesq l'appelle « *chaleur sensible* » du corps. Pour l'évaluation de l'énergie potentielle, divisons le corps en éléments de volume de dimensions très supérieures au rayon d'activité ρ des actions moléculaires, de telle sorte que le volume de la couche superficielle d'épaisseur ρ soit tout à fait négligeable par rapport au volume intérieur de l'élément; l'énergie potentielle du corps est la somme des énergies potentielles de ces éléments de volume; on peut parler d'*énergie interne*. Comme l'énergie actuelle, celle-ci est la somme de l'énergie élastique de déformation, visible, et de l'énergie d'agitation calorifique, ou *chaleur potentielle* du corps. La chaleur potentielle, ajoutée à la chaleur sensible, donne la *chaleur totale* du corps. Enfin, le travail des forces extérieures sur un élément de volume se compose du travail produit dans le mouvement visible du corps par les actions physiques exercées à sa surface et du travail de ces mêmes actions dans le mouvement d'agitation invisible; la première partie est exactement représentée par le travail des pressions qui sont censées totaliser toutes ces actions; la seconde n'est autre que le flux de

chaleur à travers la surface. M. Boussinesq termine la seconde leçon en montrant que *la chaleur gagnée par un corps à travers une partie quelconque de sa surface est perdue par la matière extérieure contiguë*, et *vice-versa*, circonstance qui fait comprendre qu'on ait pu pendant si longtemps assimiler le calorique à un fluide pouvant passer d'un corps à un autre sans augmentation ni diminution de substance, et élevant la température quelque part ou l'y abaissant suivant qu'elle s'y accumule ou s'y raréfie.

Dans la leçon suivante, M. Boussinesq passe à l'étude de la chaleur rayonnante. Il caractérise l'éther, avec raisons à l'appui, comme un fluide parfait pour les mouvements lents des corps planétaires, mais solide élastique pour la transmission des ondes calorifiques et lumineuses, « à vibrations transversales assez étroites pour ne solliciter cette élasticité qu'à un degré extrêmement petit ». C'est l'équivalent, sans le mot, de la notion du *temps de relaxation*, introduite par Maxwell à la base de la théorie de la viscosité, ou encore l'assimilation aux gelées presque liquides de Stoletow. Toutefois, il paraît difficile que ces propriétés extrêmes n'aient pas pour conséquence une viscosité sensible pour les mouvements de rapidité moyenne et d'amplitude finie; mais aucune vue sur la nature de l'éther n'échappe à des difficultés de ce genre; contentons nous d'indiquer l'hypothèse adoptée après de minutieuses explications:

« En résumé, nous supposerons l'éther composé d'atomes ou de points matériels presque sans masse par unité de volume, assez petits et assez rapprochés pour qu'on puisse le considérer comme un fluide continu dans ses rapports avec chacune des molécules incomparablement plus denses constituant les corps pondérables. Il baignera et entourera ces molécules comme l'air ou l'eau environnent et imprègnent les flotteurs qui y sont immergés. Les atomes exerceront les uns sur les autres, dans des sphères d'activité ayant leur rayon seulement comparable aux dimensions d'une molécule, des actions énergiques, attractives ou répulsives suivant la distance, capables d'imprimer à leur masse presque nulle des accélérations relativement considérables; ce qui expliquera l'énorme vitesse de propagation de la lumière et de la chaleur rayonnante. » Mais il ne transmet pas les ondes à vibrations longitudinales; la vitesse de celles-ci est nulle.

Dans les corps pondérables (4[e] leçon), l'éther reste le même; mais « les molécules seront, en raison de leur énorme densité par rapport à l'éther, maintenues comme immobiles par leur inertie, sinon toujours, du moins pendant un nombre très grand de périodes, même dans les cas où leur mouvement ne restera pas indéfiniment d'amplitude négligeable par rapport à celui de l'éther ». Par analogie avec ce qui se passe dans un fluide autour d'un obstacle, on admettra que la molécule oppose une résistance dont la partie principale est proportionnelle à la densité et à l'accélération du fluide, ainsi qu'au volume de la molécule; mais le coefficient de ce produit, au lieu d'être comparable à l'unité, atteindra d'énormes valeurs, à cause de l'extrême résistance de l'éther à la rupture. D'où la théorie de la réfraction de M. Boussinesq, qui s'adapte, comme on sait, de la manière la plus simple, à la double réfraction.

La transmission régulière des ondes et la transparence disparaissent « lorsque les déplacements de la matière pondérable deviennent comparables à ceux δ de l'éther, et font entrer en action des forces moléculaires, finalement prépondérantes, d'un rayon d'activité trop grand, par rapport à λ, pour permettre de réduire à un terme en $\frac{d\delta}{dx}$ l'action mutuelle de deux couches contiguës ». Les vibrations des molécules, entretenues déjà par les actions intérieures du corps, accrues par l'action de l'éther, grandissent jusqu'à l'entrée en jeu des termes *non linéaires* des formules qui expriment les actions intérieures, termes indispensables pour limiter les amplitudes. Toutes les propriétés dues à la forme linéaire des équations s'évanouissent alors, en particulier la superposition des effets dus à plusieurs causes, et leur indépendance.

« Dans de pareilles conditions, il est clair que les détails seront trop *rebelles à notre analyse* pour que nous devions même tenter d'en faire une simple ébauche. Nous montrerons seulement ce qu'on aurait à la place de l'agitation calorifique, si le rayon d'activité des actions moléculaires était assez court et les molécules pondérables assez rapprochées pour que la demi-force vive pût se communiquer largement à ces molécules sans perdre son caractère ondulatoire. On verra ainsi que ce n'est pas précisément la coexistence de déplacements distincts et comparables δ, δ' des deux espèces de matière qui fait obstacle à la propagation des ondes, avec conservation de leur période τ, mais bien l'inimaginable petitesse qu'atteindrait la longueur d'onde λ des ondulations dans la matière pondérable si cette propagation régulière avait lieu, petitesse en supposant une autre bien plus grande, et qui n'existe justement pas, dans le rayon d'activité des actions moléculaires. »

On trouve, en effet, sans difficulté deux systèmes d'ondes superposées tant dans l'éther que dans la matière, toutes deux de même période, se propageant l'une avec une vitesse à peine supérieure à la vitesse de la lumière dans le vide, l'autre avec une vitesse à peine inférieure à la vitesse du son dans les corps. La longueur d'onde de cette deuxième onde serait donc de l'ordre $\frac{1}{300.000}$ de celle de la lumière! C'est là évidemment un degré de petitesse pour lequel les équations différentielles ne correspondent en aucune manière à la réalité.

Les amplitudes de l'éther et de la matière étant comparables, les forces vives seraient dans le rapport des densités. « Les molécules pondérables auront donc emmagasiné une énergie actuelle pour ainsi dire infinie, comparativement à celle de l'éther du corps »; l'énergie totale de l'ensemble formé par le corps et son éther se réduira très sensiblement à celle du corps seul, envisagé comme si l'éther ne le pénétrait pas. « C'est justement cette énorme ***condensation de la chaleur rayonnante*** dans les corps qui constitue la chaleur de ceux-ci, ou ***chaleur proprement dite***, en comparaison de laquelle la chaleur de l'éther est comme rien. »

L'extrême petitesse de la longueur d'onde que l'analyse précédente fait propager avec la vitesse du son nous avertit que sa production régulière est impossible. Les discontinuités créées par la constitution moléculaire du corps, à intervalles beaucoup plus grands que ces longueurs d'onde elles-mêmes, font disparaître toute idée de périodicité de ce genre et, par conséquent, de propagation dans un sens déterminé. « Il n'y aura plus qu'une transmission de mouvement désordonnée, discordante, et, par suite, beaucoup plus lente que celle du son, mais n'en assurant que mieux, par sa lenteur, la condensation en chaleur de l'énergie vibratoire sans cesse introduite dans le corps. »

Dans sa sixième leçon, M. Boussinesq expose d'abord les raisons générales que l'on a pour admettre que, « du moins dans les solides et les liquides, la qualité de l'agitation calorifique paraît ne se modifier qu'avec sa quantité », et peut être assez bien définie par une seule variable. Cette variable, c'est un effet géométrique de l'agitation qui va la fournir, c'est la dilatation. Dans tout cet exposé, M. Boussinesq fait un large appel aux faits d'expérience. C'est en particulier comme fait d'expérience constante que M. Boussinesq admet que deux corps en équilibre de chaleur avec un troisième le sont entre eux, et justifie ensuite le choix des gaz comme corps thermométriques.

Enfin, au début de la septième leçon, nous trouvons la définition de la température de l'éther, qui joue un rôle important dans les échanges de chaleur entre corps diathermanes. « Un corps diathermane, mais qu'on

a réussi à faire vibrer avec des périodes et des amplitudes comparables à celles des vibrations de son éther, à ses éléments de volume capables de céder à celui-ci et, par lui, à l'éther environnant jusqu'à des distances considérables, des quantités de chaleur, positives ou négatives, qui, condensées en eux, mais rayonnantes ou infiniment dilatées dans l'éther et propagées alors avec une vitesse pour ainsi dire infinie, ne vont pas se fixer sur les éléments pondérables de volumes contigus, à raison de leurs petites inégalités de température avec eux-mêmes. Celles-ci donnent seulement lieu, comme dans une matière athermane, à des flux à travers les faces où sont en jeu les actions intermoléculaires de la matière pondérable.

« Les quantités de chaleur emportées ou apportées directement par l'éther à un élément de volume tiennent uniquement, pour chaque température donnée u de celui-ci, à l'état vibratoire moyen de l'éther ambiant, à son degré d'agitation, dépendant de causes plutôt générales que locales. A l'endroit où se trouve l'élément de volume et à l'instant considéré, cet état vibratoire général, ou degré d'agitation de l'éther, est toujours tel que l'élément de volume, s'il avait une température convenable ou appropriée u_e, croissant avec le degré en question, ne gagnerait ni ne perdrait aucune chaleur par le fait de son immersion dans l'éther. C'est cette température u^e, indépendante de la substance de l'élément de volume, en vertu du *principe de l'équilibre des températures*, qu'on peut appeler la *température de l'éther* à l'endroit considéré.

« Et, alors, la chaleur que l'élément de volume gagne par *rayonnement*, c'est-à-dire par pénétration directe de la chaleur à son intérieur, est évidemment une fonction de u s'annulant pour $u = u_e$, ou une fonction de la variable $u_e - u$, croissant avec celle-ci et de même signe qu'elle. »

Arrivé à ce point, M. Boussinesq est en mesure d'établir, comme conséquences de sa manière d'envisager la chaleur, les théorèmes fondamentaux sur les flux de chaleur et les équations classiques de la propagation de la chaleur. Là se termine la partie la plus originale de l'ouvrage de M. Boussinesq. Les autres leçons sont consacrées à l'étude de la propagation de la chaleur, par les méthodes classiques, dont Fourier a donné le modèle; l'exposition, néanmoins, porte toujours la marque personnelle de M. Boussinesq, qui ne recourt au langage algébrique que lorsqu'il est devenu indispensable. Je me bornerai à indiquer les titres de ces leçons :

8e *Leçon* : Les flux de chaleur, fonctions de la rapidité des chutes de température entre points voisins et de la contexture ;

9e *Leçon* : Potentiel des flux dans une particule symétrique et construction des courants de chaleur dans une particule quelconque ;

10e *Leçon* : Autres constructions relatives à la conductibilité, et applications aux barres, aux plaques et aux corps cristallisés ;

11e *Leçon* : Equations régissant les variations qu'éprouve, d'un instant à l'autre, la température aux divers points d'un corps ou d'un système de corps;

12e *Leçon* : Détermination complète des températures successives par les équations ou conditions précédentes; cas simples du refroidissement et des températures stationnaires; propriétés de l'ellipsoïde principal dans un milieu homogène ;

13e *Leçon* : Réduction du problème général de l'échauffement aux deux questions du refroidissement simple et des températures stationnaires; cas particulier d'un échauffement périodique ;

14e *Leçon* : Application de la théorie précédente au sol terrestre ;

15e *Leçon* : Problème général du refroidissement; étude du cas où il y a un potentiel des flux de chaleur;

16e *Leçon* : Suite; Méthode d'élimination de Fourier; état pénultième du refroidissement ;

17e *Leçon* : Application à l'armille ; températures stationnaires et refroidissement de ce corps ;

18e *Leçon* : Refroidissements comparés de la sphère et du cube ;

19e *Leçon* : Etude plus complète de la sphère ; problème du refroidissement du cylindre circulaire ;

20e *Leçon* : Aperçus sur le problème du refroidissement des corps à contexture non symétrique ; applications et analogies diverses.

De nombreuses notes précisent, sur les points délicats, les vues de l'auteur. La dernière leçon, en partilier, est du plus vif intérêt. Tous ceux qui aiment la Physique mathématique seront reconnaissants à M. Boussinesq d'avoir fait sortir son enseignement des voies banales; ils attendront le volume suivant avec impatience.

MARCEL BRILLOUIN,
Professeur au Collège de France.

2° Sciences physiques

Ostwald (W.) et **Luther** (R.). — **Physico-chemische Messungen (Mesures physico-chimiques).** — *Grand in-8° de 500 pages.* (*Prix* : 11 *fr.* 25.) *W. Engelmann, éditeur, Leipzig*, 1902.

Cet excellent manuel de laboratoire est la 2e édition du même ouvrage, publié en 1893 par M. Ostwald seul, et qui a déjà été signalé à cette époque aux lecteurs de la *Revue*. Il suffira donc de leur indiquer les particularités qui distinguent les deux éditions.

Le plan général n'en est pas changé. Par contre, une grande extension a été donnée à toutes les manipulations relatives à l'Electrochimie, qui a la place d'honneur dans ce recueil. L'ouvrage se termine par une liste complète des manipulations de Chimie physique telles qu'elles figurent au programme des travaux du laboratoire de M. Ostwald. Là, encore, on remarque la même tendance, justifiée d'ailleurs par les progrès incessants de l'Electrochimie, aussi bien dans le domaine scientifique que dans le domaine pratique.

PHILIPPE A. GUYE,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Imbeaux et **Villain.** — **Captation des eaux souterraines de la forêt de Haye.** — 1 *brochure gr. in-8° de* 30 *pages et* 3 *planches. Nancy*, 1902.

A la suite d'épidémies de fièvre typhoïde nombreuses et meurtrières, la municipalité de Nancy a décidé, sur la proposition du directeur de son Service municipal, M. le Dr Imbeaux, d'alimenter la ville d'eaux pures prises dans la roche même, à l'abri de toute contamination.

Le gîte de ces eaux [1] est situé à la base d'une puissante série de calcaires du Jurassique moyen, reposant sur des marnes du Lias supérieur; ces calcaires sont recouverts par la forêt de Haye. Cet ensemble de couches forme un massif isolé entre les vallées de la Meurthe et de la Moselle et il ne reçoit que des eaux de pluie. De plus, dans la forêt de Haye, il n'y a aucune agglomération humaine assez importante pour constituer un centre de pollution; on peut donc considérer les eaux de ce massif comme pures, même dans le cas très vraisemblable où elles ne seraient pas filtrées en traversant les calcaires fissurés.

L'intérêt du projet réside surtout dans la méthode suivie par MM. Imbeaux et Villain dans son exécution. Bien que le mode de captage adopté semble remonter à la plus haute antiquité [2], et qu'il soit encore en usage

[1] On peut employer cette expression, car il a été procédé, dans la recherche des eaux, de même que s'il s'était agi d'un gîte minier.

[2] IMBEAUX : *L'alimentation en eau et l'assainissement des villes à l'Exposition universelle en 1900*, 1re partie, p. 102.

en Orient, il était inconnu en Europe, il y a une cinquantaine d'années. C'est en 1853 que Dumont l'employa pour la première fois en Belgique pour l'alimentation de la ville de Liége; depuis, on y a eu recours pour le captage des eaux destinées à la ville de Bruxelles; mais, en France, il n'avait pas été encore appliqué, et c'est pour cette raison que je crois intéressant d'en dire quelques mots ici. Je ne pourrai mieux faire que de suivre MM. Imbeaux et Villain dans la brochure qu'ils ont publiée pour exposer l'état des travaux au commencement de 1902.

Le principe de la méthode consiste à aller chercher l'eau par une galerie, là où elle doit se trouver avec son maximum d'abondance, c'est-à-dire au contact de la roche qui la renferme, que celle-ci soit perméable ou imperméable, mais fissurée, avec une roche sous-jacente imperméable et non fissurée. Mais, comme l'allure de la masse d'eau est en relation avec celle de la roche imperméable sous-jacente, il convient tout d'abord de se rendre compte de l'allure de cette dernière; au moyen d'observations faites sur le terrain et de sondages, on peut déterminer la position qu'occupe la surface de la roche imperméable par rapport au sol, et, par suite, il est facile de reporter sur un plan des courbes de niveau équidistantes correspondant à cette surface. Les eaux descendant toujours le long des lignes de plus grande pente, il y a tout avantage à tracer la galerie destinée à les recueillir suivant une de ces horizontales, car elle recoupera toutes ces lignes de plus grande pente avec le développement minimum.

Cette horizontale devra être choisie de telle sorte que sa cote soit supérieure à celle de la ville à alimenter; il faut, en effet, que les eaux s'écoulent par leur propre poids, mais d'ailleurs avec une pente douce.

Telle a été la marche suivie par MM. Imbeaux et Villain; mais, dans le massif de la forêt de Haye, les assises sous-jacentes aux calcaires sont formées de marnes avec bancs intercalés de minerai de fer. Cet ensemble est très fissuré et, par suite, les eaux qui, primitivement, se tenaient à la base des calcaires, sont descendues jusque dans le Lias supérieur, où elles imprègnent les couches de minerai. Il a donc fallu placer la galerie captante au-dessous de la couche de minerai la plus inférieure, pour se retrouver dans les conditions précédemment indiquées.

Les couches plongent vers la vallée de la Moselle, c'est-à-dire du côté opposé à celui où se trouve Nancy. Par suite, la galerie d'adduction a dû, pour atteindre les calcaires aquifères, traverser les terrains qui leur sont inférieurs ou situés *au mur*, comme l'on dit en termes de mineurs. Il semblerait que cette disposition dût être plutôt désavantageuse, puisqu'une partie de la galerie n'est faite que pour atteindre les régions riches en eau. Mais les auteurs du projet ont su, au contraire, en tirer un excellent parti (et c'est en cela qu'ils ont introduit dans la méthode une amélioration qui me paraît devoir être féconde, comme je le dirai plus loin); ils ont maintenu la galerie dans les couches du mur, avec une très faible pente ascendante; de la sorte ils étaient sûrs, étant donnée l'allure reconnue des failles, de ne pas passer au-dessus des couches aquifères et, de plus, les ouvriers pouvaient avancer sans être incommodés par les eaux puisqu'ils travaillaient dans des terrains imperméables ou, en tout cas, pauvres en eau. Quand la galerie aura atteint une longueur suffisante, on y fera descendre les eaux situées au-dessus, au moyen de galeries ou de puits remontants, ou simplement de trous de sonde. De la sorte, là où la galerie ne traversera pas la roche aquifère, elle en drainera cependant les eaux.

Cet ouvrage, qui est le plus complet qui existe sur la matière, renferme un chapitre qui forme un vrai traité d'hydrologie de grande valeur; il vient d'être couronné par l'Académie des Sciences.

La longueur actuellement creusée est de 2.702 mètres. D'après de récentes études, il est très vraisemblable que le reste de la galerie présentera quelques difficultés d'exécution par suite de l'abondance des failles, de l'amplitude de leur rejet, etc. Mais, pendant son achèvement, on construira les réservoirs et les canalisations; on muraillera les parties ne servant qu'à l'adduction des eaux. Enfin, on préparera, pour régler l'écoulement de l'eau, des *serrements* comparables à ceux en usage dans les travaux similaires de la Belgique. Ils consistent en murs épais élevés en travers de la galerie et établis en terrains imperméables; ces murs sont percés d'orifices dont on règle à volonté le débit au moyen de vannes. Les eaux ainsi retenues n'ont pour ainsi dire pas quitté leur gîte; elles gardent leur pureté et leur fraîcheur jusqu'à l'époque où l'on en a besoin.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans les détails de l'exécution du projet; mais, si l'on se reporte à la brochure de MM. Imbeaux et Villain, on verra avec quel soin ils ont tout préparé, et avec quelle ingéniosité ils ont su tourner toutes les difficultés qui se sont présentées.

Il est probable que la ville de Nancy recevra les premières eaux venant du massif de Haye vers le commencement de l'été prochain, c'est-à-dire quatre ans et demi après le commencement des travaux. Le débit augmentera graduellement à mesure que la longueur de la galerie augmentera elle-même; on pourra, d'ailleurs, ne s'arrêter que lorsque la quantité d'eau fournie sera suffisante. La fin des travaux se laisse donc entrevoir, et le succès est assuré. On peut donc déjà en féliciter d'abord les ingénieurs qui ont eu assez d'audace pour concevoir ce projet et d'habileté pour l'exécuter, puis la Municipalité qui a consenti à s'imposer de durs sacrifices d'argent pour améliorer les conditions hygiéniques de la ville qu'elle représente.

On peut encore se réjouir de ce succès, parce qu'il encouragera certainement les ingénieurs chargés des services sanitaires à employer cette méthode des galeries au mur en terrains imperméables non fissurés. Elle me paraît, en effet, appelée à rendre de signalés services dans l'avenir. Tantôt de semblables galeries, creusées sous des régions étudiées au préalable avec les procédés employés couramment en Hydrologie et décrits ici par M. Dienert[1], permettront de n'aller prendre les eaux que là où il aura été reconnu qu'elles ne courent aucun danger de pollution; par contre, elles passeront, sans les aborder, sous les calcaires qui pourraient donner des eaux suspectes.

Tantôt encore elles iront chercher les eaux contaminées en dessous même du centre de pollution, de manière à les recueillir avant qu'elles ne se soient mêlées aux eaux pures, et à les conduire en dehors du massif dans lequel elles risqueraient de se répandre.

Il n'est pas nécessaire d'insister davantage sur ces applications pour faire comprendre l'importance de la méthode; mais quelles qu'elles soient, ce sera à MM. Imbeaux et Villain que reviendra le très grand honneur d'avoir ouvert la voie en France.

J. Bergeron,
Professeur à l'École Centrale.

Bose (J.-C.). — **Response in the Living and Non-Living.** — 1 *vol. de* 200 *pages in*-8° *avec* 117 *figures.* (*Prix* : 13 *fr.* 10.) *Longmans, Green and C°, éditeurs. Londres,* 1902.

M. Bose rassemble dans ce volume ses curieuses expériences sur la généralité de la « Réponse électrique ». On sait que l'une des manières dont les tissus animaux manifestent leur réaction aux excitations est la modification de leur état électrique. Ce phénomène, bien étudié surtout dans les muscles et les nerfs, peut, dans certaines conditions, être observé au galvano-

[1] Les Sources de la Craie. *Revue gén. des Sciences*, du 30 novembre 1901, t. XII. p. 1007.

mètre sous forme d'un courant, dit courant d'action. Le courant d'action s'ajoutant algébriquement à celui qui peut exister antérieurement à toute excitation (courant de repos), Bose donne au mot de variation négative, habituellement synonyme de courant d'action, une acception différente. Le courant d'action est une variation négative lorsqu'il se propage dans le tissu vers la partie la moins excitée, une variation positive lorsqu'il se propage en sens inverse. Les tissus animaux répondent généralement aux excitations par une variation négative, dont l'existence et la grandeur dépend de leur vitalité. La variation négative étant augmentée ou diminuée en même temps que l'excitabilité des tissus vivants et disparaissant avec leur mort, elle peut leur servir de réactif. M. Bose trouve de même l'existence générale de la variation négative dans les divers organes végétaux, tiges, racines, pétioles, pédoncules et fruits, en y déterminant une excitation par un choc mécanique ou une torsion. Pour pouvoir déceler au galvanomètre la réponse électrique, il faut que la modification produite n'ait pas la même intensité aux deux électrodes ou qu'elle n'y parvienne pas en même temps. On y arrive soit en altérant une extrémité par une action stimulante ou dépressive permanente, soit, procédé le plus souvent employé par Bose, en « bloquant » un point de l'objet étudié intermédiaire aux électrodes. Les courbes obtenues chez les plantes reproduisent dans tous leurs détails les graphiques classiquement observés pour les muscles et les nerfs : augmentation de la réponse électrique avec l'intensité de l'excitation, effets de la répétition des excitations, présence de fatigue, diminution et abolition de la réponse par les températures extrêmes, les anesthésiques, les substances toxiques; action stimulante de solutions étendues. La variation est parfois diphasique; avec des excitations faibles, elle peut être positive. La réponse électrique varie avec l'activité physiologique des plantes. Divers organes ou diverses espèces sont particulièrement favorables pour la déceler suivant les saisons. L'ensemble des résultats obtenus montre que sa production n'est pas due au déplacement de l'eau des tissus végétaux. D'ailleurs, les faits si intéressants observés par Bose sur la matière inorganique indiquent qu'on peut en donner une explication plus simple. Chacune des expériences exécutées sur les tissus vivants peut être répétée sur un simple fil métallique, qui répond au choc ou à la torsion par la production d'un courant électrique, le plus habituellement une variation positive. On peut déceler dans un fil d'étain des faits d'addition latente, reproduire le phénomène de l'escalier, diminuer ou abolir la réponse par le froid ou les températures élevées, y déceler des signes de fatigue. La *sensibilité* du métal s'exalte par une solution étendue de CO^3Na^2, s'amoindrit par KBr, Une trace d'acide oxalique à 1/10.000e abolit la réponse définitivement, même si on l'applique un seul instant et lave le fil à l'eau courante. La lumière fait apparaître sur une plaque d'argent, sensibilisée par une courte exposition à des vapeurs de brome, des courants électriques dont les courbes sont en tous points superposables à celles de la variation normalement positive décrite dans la rétine par divers observateurs depuis Holmgren. On voit que de simples dérangements de l'équilibre moléculaire interviennent dans l'explication de faits jusqu'ici considérés comme beaucoup plus complexes. Il est peut-être cependant prématuré, en considérant l'œil comme une cellule photo-électrique, d'expliquer par des courants diphasiques les oscillations rétiniennes ou les images consécutives.

Le très grand intérêt des recherches de M. Bose n'échappera pas aux physiologistes; mais ils éprouveront quelque surprise en se voyant attribuer par l'auteur la croyance à l'origine surnaturelle de l'électricité animale. Ils l'applaudiront, au contraire, d'avoir contribué à leur tâche, qui est de ramener à des lois physiques simples les phénomènes se passant dans l'organisation complexe des êtres vivants.

M. Lambert,
Professeur agrégé de Physiologie
à la Faculté de Médecine de Nancy.

4° Sciences médicales

Chervin (Dr). — **Bégaiement et autres maladies fonctionnelles de la parole.** — 1 *vol. in-8° de* 550 *pages* (*Prix :* 10 *fr.*) *Société d'éditions scientifiques, Paris*, 1902.

C'est la troisième édition d'un livre dont la partie scientifique sert d'introduction à des applications pratiques d'une portée incontestable : l'étude des troubles de la parole et de la prononciation précède et fait comprendre la valeur du traitement qui les guérit.

L'auteur considère d'abord les troubles de la parole dans leur ensemble; ils peuvent avoir pour cause des troubles de la pensée, des défauts dans la transmission des pensées aux organes, des troubles dans l'articulation des mots. Le bégaiement, incoordination des mouvements de l'articulation, tient surtout à la dernière cause; mais on observe aussi chez quelques bègues, habituellement ou par intervalles, un retard dans l'élaboration de la pensée ou dans la transmission des ordres du cerveau aux centres moteurs bulbaires de la langue et des lèvres.

Le diagnostic du bégaiement s'établit sur quatre signes pathognomoniques : 1° le début dans l'enfance; 2° la coexistence de troubles respiratoires plus ou moins marqués: 3° l'intermittence des troubles de la parole; 4° leur disparition totale dans le chant.

Des traitements du bégaiement semblent avoir été proposés dès la plus haute antiquité. Ceux qui ont été préconisés plus récemment se sont montrés aussi variés qu'inefficaces : interventions chirurgicales, thérapeutique pharmaceutique, hypnotisme n'ont donné lieu qu'à des déceptions.

La méthode préconisée par Chervin est beaucoup plus rationnelle. Elle est basée sur un système de rééducation, dont la généralisation témoigne l'efficacité. Elle répudie tout remède, toute opération, elle se base sur l'analyse des troubles de la parole chez les bègues, sur la comparaison entre ce qui se passe chez eux et chez les sujets normaux; elle consiste principalement en exercices d'une gymnastique spéciale, gradués avec soin, qui amènent en peu de temps le bègue à parler comme tout le monde. La courte durée du traitement est une des particularités les plus remarquables de la méthode : trois semaines d'exercices, un mois de convalescence.

D'autres troubles de la parole, comme la blésité, le grasseyement, le nasillement, se rapprochent, à certains égards, du bégaiement; le traitement est encore plus rapide dans ces cas.

Des exercices méthodiques peuvent avoir aussi d'heureux effets dans des cas tout différents, notamment après la réparation chirurgicale des fissures palatines.

M. Chervin a voulu que son étude du bégaiement fût complète à tous les points de vue. Aussi a-t-il considéré le bégaiement au point de vue médico-légal et donné une ample statistique démographique de la répartition des bègues dans les pays et dans les provinces; enfin, des recherches érudites font connaître le bégaiement à travers les âges; un travail de linguistique comparée étudie l'expression qui signifie *bégayer* chez tous les peuples de la Terre.

La variété des documents accumulés dans ce livre fait que les médecins, les érudits, et aussi les malades, auront intérêt à le lire.

Dr H. Meige.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Février 1903.

M. le Président annonce à l'Académie la mort de sir **G. G. Stokes**, Associé étranger. — **M. René Benoît** est élu Correspondant pour la Section de Physique.

1° Sciences mathématiques. — **M. J.-A. Normand** signale un certain nombre d'expressions algébriques qui peuvent remplacer approximativement certaines transcendantes exponentielles, et qui ont sur elles l'avantage d'être rationnelles. — **M. J. Mascart** donne les coefficients des perturbations indépendantes de l'excentricité produites par Jupiter sur les petites planètes. — **M. J. Boussinesq** calcule la vitesse de propagation du front ou de la tête d'une onde dans un milieu ayant des équations de mouvement compliquées.

2° Sciences physiques. — **M. H. Becquerel** a reconnu que les rayons du polonium sont identiques aux rayons α du radium ; ils sont déviés de la même façon par les champs magnétiques intenses et sans dispersion appréciable. — **M. A. Debierne** a étudié la radioactivité induite provoquée par les sels d'actinium. Elle est de même nature que celle provoquée par le radium, mais l'intensité d'activation diminue beaucoup plus rapidement. — **M. A. Nodon** communique ses recherches sur les clapets électrolytiques, appareils qui ne laissent circuler un courant que dans un seul sens. Les métaux à faible poids atomique donnent les meilleurs clapets; l'électrolyte doit être constitué de préférence par une solution concentrée d'un sel ammoniacal.— **M. M. Berthelot** énonce la loi suivante : Lorsqu'on fait agir une base sur un acide, la force électromotrice développée est la somme des forces électromotrices développées par l'action du sel correspondant sur l'acide, d'une part, et sur la base, de l'autre. Les dissolutions agissantes sont supposées étendues, de titre équivalent, et ne donnant lieu à aucune séparation de produits gazeux ou insolubles. Cette loi a été vérifiée avec des électrodes impolarisables sur un grand nombre d'acides. — **M. M. Delépine** a déterminé les chaleurs de formation de quelques composés sulfurés et azotés organiques. — **M. H. Pélabon** a étudié l'action de l'hydrogène sur le sulfure d'argent en présence des sulfures d'antimoine et d'arsenic. Le rapport R de la pression partielle de l'hydrogène sulfuré à la pression totale du mélange gazeux augmente avec la proportion du sulfure d'antimoine ou d'arsenic dans le mélange solide. — **M. H. Baubigny** précise les conditions de dosage du manganèse en liqueur acide par les persulfates. L'acide sulfurique est préférable à tous les autres pour l'acidification de la liqueur. — **M. P. Carré** a constaté que l'acide phosphorique agit sur l'érythrite d'abord comme déshydratant, et ensuite s'éthérifie pour donner un monoéther de l'érythrane, lequel peut encore perdre une molécule d'eau pour donner en même temps un diéther, résultant de l'éthérification de deux OH phosphoriques par une même molécule d'érythrane. — **M. C. Martine** a préparé un certain nombre de combinaisons de l'acide α-méthyl-α'-isopropyladipique. — **MM. A. Haller** et **F. March**, en traitant l'acétone-dicarbonate d'éthyle par l'épichlorhydrine, ont obtenu une cétolactone :

$$C^2H^5CO^2.CH^2.CO.CH.CO \\ \qquad\qquad\qquad | \quad >O \\ \qquad\qquad\qquad CH^2.CH.CH^2Cl$$

dont le sel de cuivre fond à 224°-225°. — **M. Bordier** propose d'employer la détermination de la température minimum de caléfaction au dosage de l'alcool dans les liquides fermentés. En effet, la température de caléfaction de l'alcool absolu est de 128°; elle s'élève graduellement par addition d'eau jusqu'à atteindre 178° pour l'eau pure. — **M. J. Thoulet** a constaté que l'eau distillée, aussi bien que l'eau de mer, s'enrichissent en ammoniaque libre lorsqu'on les filtre. Cet enrichissement, proportionnel au nombre des filtrations, provient d'une absorption directe de l'ammoniaque diffusée dans l'atmosphère.

3° Sciences naturelles. — **M. J. Danysz** a étudié l'action pathogène des rayons et émanations émis par le radium sur différents tissus et organismes. Ils produisent sur la peau une congestion, suivie d'une plaie, qui n'apparaissent qu'au bout de huit à vingt jours. Les tissus sous-cutanés sont très peu sensibles; par contre, les centres nerveux sont extrêmement sensibles. Les microbes sont arrêtés dans leur développement. — **M. C. Fleig** montre que la sécrétine ne paralyse pas les ganglions fréno-sécrétoires intra-pancréatiques, mais qu'elle agit en excitant ou bien directement la cellule pancréatique, ou bien les éléments excito-sécrétoires. — **M. Marage** a constaté, dans les otites scléreuses et catarrhales, que les vibrations fondamentales des voyelles, transmises à l'oreille malade par une membrane vibrante, ne sont ni douloureuses, ni dangereuses; par cette méthode, on peut obtenir une amélioration très notable. — **MM. V. Cornil** et **P. Coudray** ont observé que l'os mort, réimplanté sur le crâne trépané, reste à peu près tel quel, entouré d'une capsule fibreuse. Il est possible qu'il se fragmente à la longue, mais sa résorption, même au bout de six mois, est insignifiante. — **M. L. Mangin** a étudié la maladie du châtaignier connue sous le nom de maladie de l'encre ou pied noir. Elle consiste dans une destruction des mycorhizes, due à un champignon parasite d'un genre nouveau, le *Mycelophagus Castaneæ*. — **M. F.-A. Dangeard** a observé, dans une source d'eau ferrugineuse, à la surface des filaments de *Spirogyra* et d'*Œdogonium*, des petits tubes incolores; il s'agit là d'une Chytridacée nouvelle, que l'auteur nomme *Rhabdium acutum*. — **M. L. Cayeux** signale des phénomènes de charriage importants dans la Méditerranée orientale. — **M. A Lacroix** décrit les éruptions de la Montagne-Pelée qui ont eu lieu en janvier 1903.

Séance du 23 Février 1903.

M. R. Koch est élu Associé étranger en remplacement de M. Virchow, décédé.

1° Sciences mathématiques. — **M. C. Guichard** étudie une classe particulière de système triples orthogonaux dans laquelle deux surfaces correspondantes de deux systèmes sont telles que les rayons de courbure correspondants sont dans un rapport constant. — **M. L. Jacob** étudie la résistance des gaz parfaits au mouvement des solides et ramène la connaissance de la loi des pressions sur la surface du solide à l'intégration d'une équation du deuxième ordre. — **M. L. Ribourt** donne la description d'un hydro-tachymètre employé comme régulateur de turbines hydrauliques; il a donné d'excellents résultats.

2° Sciences physiques. — **M. Ch.-Ed. Guillaume** a étudié les variations thermiques du module d'élasticité des aciers au nickel. L'allure des courbes qui représentent ces variations rappelle, pour chaque catégorie d'alliages, celle des courbes de dilatation. Dans la région de rapide transformation magnétique, elles sont à forte courbure et se rectifient lorsqu'on s'éloigne de ces régions. — **M. L. Guillet** a étudié l'influence de

la trempe, du recuit, de l'écrouissage et du refroidissement sur la microstructure des aciers au nickel. — **M. G. Belloc** a reconnu que le chauffage préalable des aciers vers 550°, qui a pour effet de chasser les gaz occlus, empêche la décarburation spontanée de ces aciers lorsqu'on les chauffe ensuite au delà de 800°. La décarburation est donc liée intimement à la présence des gaz occlus. — **M. R. Blondlot** montre qu'un faisceau polarisé de radiations émises par l'aluminium produit un renforcement notable de l'étincelle électrique lorsque son plan de polarisation est normal à cette étincelle et n'agit pas sur elle lorsque son plan de polarisation lui est parallèle. En d'autres termes, il y a un plan d'action de la lumière polarisée sur la petite étincelle, et ce plan est normal au plan de polarisation. — **M. M. Berthelot** prouve que la loi qu'il a énoncée sur les forces électromotrices des dissolutions salines est indépendante de la température. — **M. E. Péchard**, en réduisant le sulfate de cuivre ammoniacal par le sulfate d'hydroxylamine et traitant la solution par les acides minéraux ou l'acide acétique, a obtenu les sels cuivreux de ces acides. — **M. L.-J. Simon**, en faisant réagir HCl concentré sur l'urée et l'acide pyruvique, a obtenu le triuréide dipyruvique de Grimaux, $C^8H^{12}Az^6O^5.2H^2O$. Il est décomposé par l'eau à l'ébullition en pyruvile et en uréide plus condensé. — **M. C. Marie**, en faisant réagir l'acide phosphoreux sur la benzophénone, a obtenu l'acide $(C^6H^5)^2CO.PO^2H^2$, qui est oxydé par Br en acide $(C^6H^5)^2CO.PO^3H^2$, F.184°-185°, bibasique. La méthylpropylcétone donne les mêmes réactions. — **M. H. Alliot** a appliqué en distillerie des *Saccharomyces* acclimatés aux principes volatils toxiques des mélasses de betteraves. Il a obtenu une économie de temps, de calories, d'eau pour la réfrigération et un rendement alcoolique aussi bon que par l'ancienne méthode.

3° Sciences naturelles. — **M. Lannelongue** signale les résultats obtenus dans le traitement de la tuberculose de la diaphyse des grands os longs des membres. On peut soit employer les injections iodoformées, soit extirper l'abcès avec les foyers osseux qui l'ont engendré; dans ce cas, il faut aller jusqu'au canal médullaire. — **M. Ed. Retterer** a constaté que l'irritation produite sur l'épiderme par le décollement de la peau provoque des phénomènes évolutifs qui rappellent de très près ceux du cartilage en voie d'ossification. Les cellules s'hypertrophient, prolifèrent et donnent naissance à des générations cellulaires, qui se transforment en tissu conjonctif réticulé et vasculaire. — **M. P. Vuillemin** circonscrit, dans la tribu des Mucorées, une série des Absidiées, caractérisée par l'apophyse en entonnoir rigide, la columelle flasque s'affaissant dans l'apophyse et les spores petites. — **M. Col** communique ses recherches sur l'interprétation de la disposition des faisceaux dans le pétiole et les nervures foliaires des Dicotylédones. — **M. L. Cayeux** a observé dans l'île de Crète une série éruptive secondaire très importante. Ces roches éruptives ont métamorphisé les terrains supérieurs dans lequels elles sont incluses et laissé absolument intacts les terrains plus récents sur lesquels elles reposent. — **MM. L. Duparc, L. Mrazek** et **F. Pearce** ont étudié le Dévonien inférieur de la région de la Kosva (Oural du nord). — **M. J. Welsch** communique ses recherches sur les failles du Poitou, entre Parthenay, Niort et Poitiers.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 Février 1903.

L'Académie procède à l'élection d'un Associé libre, en remplacement de M. Filhol, décédé. **M. E. Hamy** est élu.

M. Kelsch lit le Rapport de la Commission chargée d'examiner le projet de règlement d'administration publique élaboré par le Comité consultatif d'Hygiène publique et relatif à l'application de l'article de la loi sur la protection de la santé publique qui concerne la vaccination obligatoire. — L'Académie poursuit la discussion du Rapport de la Commission de l'Alcoolisme. — **M. H. Moissan** a constaté la présence d'argon dans les gaz de la source Bordeu à Luchon, et celle de soufre libre dans l'eau sulfureuse de la grotte et dans les vapeurs de humage. — **M. Jousset** lit un mémoire sur une nouvelle méthode de recherche du bacille tuberculeux. — **M. Lemoine** donne lecture d'un travail sur les rapports du développement de la tuberculose pulmonaire dans l'armée avec la tuberculose familiale. — **M. Doyen** lit un mémoire sur la sérothérapie antistaphylococcique.

Séance du 10 Février 1903.

M. P. Reclus préconise l'emploi de la cocaïne comme anesthésique régional dans l'incision du panaris; on crée, à la base du doigt, une sorte de bague analgésique qui interrompt la sensibilité et on peut alors intervenir largement, sans douleur pour le malade. **MM. Galippe, Lucas-Championnière** et **Duplay** ont rejeté l'emploi de la cocaïne à cause des accidents auxquels elle peut donner lieu. **M. Ch. Berger** l'a employée souvent sans accidents. **M. P. Reclus**, en suivant des règles bien déterminées, n'a pas obtenu une seule mort sur plus de 7.000 opérations. — L'Académie adopte le projet de règlement d'administration publique sur la vaccination anti-variolique obligatoire, en rejetant l'emploi du vaccin humain. — M. le Dr **Lobit** lit un mémoire sur le traitement abortif de l'érysipèle.

Séance du 17 Février 1903.

M. Hanriot, à la suite d'un Rapport sur la réglementation des eaux minérales de Vichy, propose l'adoption des mesures suivantes : Tout forage donnant lieu à une source jaillissante devra être muni d'un régulateur ne laissant couler qu'une minime quantité d'eau à déterminer en dehors des heures de l'utilisation, soit pour les bains, soit pour l'embouteillage. Toute source autorisée qui reste inexploitée pendant deux années consécutives doit être fermée hermétiquement de façon qu'il ne puisse y avoir déperdition d'eau ni de gaz. — **M. Boinet** signale le cas d'un chasseur de vipères ayant acquis, à la suite de fréquentes morsures, une immunité remarquable contre le venin de vipères. — L'Académie reprend la discussion du Rapport sur l'alcoolisme.

Séance du 24 Février 1903.

L'Académie, sur la proposition de **M. Léon Labbé**, exprime le vœu que le Gouvernement prenne les mesures nécessaires pour assurer la conservation de l'hôpital de Tonnerre. — Suite de la discussion du Rapport sur l'alcoolisme. — M. le Dr **Darier** lit un mémoire sur les sels d'atropine, leurs indications en thérapeutique oculaire et le moyen d'éviter les inconvénients parfois sérieux de l'atropine. — M. le Dr **Capitan** donne lecture d'un travail sur un processus bio-chimique dans le sol de Paris analogue à celui qui produit certaines eaux sulfureuses naturelles.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Janvier 1903.

M. Anglade a observé, dans la moelle du caïman, les espèces suivantes de cellules névrogliques : 1° cellules épithéliales; 2° corpuscules de Deiters; 3° astrocytes de la substance grise; cellules péri-vasculaires; 4° astrocytes de la substance blanche. — **M. Y. Manouélian** a constaté que les lésions décrites dans la rage des rues existent aussi dans la rage à virus fixe. — Le même auteur a observé sur de vieux chiens des lésions des ganglions cérébro-spinaux analogues à celles de la rage, mais bien moins intenses.

Seance du 24 Janvier 1903.

M. L. Camus a reconnu que l'extrait alcoolique de Ksopo (tanghin de Menabé) est à la fois un poison nerveux et cardiaque, aussi bien pour la grenouille que

pour le chien et le lapin. — MM. **E. Hédon** et **C. Fleig** ont constaté que le chloralose, à côté de sa propriété d'exagérer les mouvements réflexes, paraît également posséder celle d'exagérer certains phénomènes d'inhibition. — MM. **L. Bernard**, **Bigart** et **H. Labbé** ont observé, dans les capsules surrénales, une lécithine ou un mélange de lécithines, qui paraît être un produit de sécrétion active de la glande. — M. **F. Dévé** a reconnu que l'organisme du cobaye détruit les scolex qui lui sont inoculés, tandis qu'il permet aux vésicules-filles de poursuivre leur évolution. — Le même auteur a constaté que le sérum d'un cobaye hyperimmunisé par des injections répétées de sable échinococcique donne, dans certains cas, au lapin une résistance inaccoutumée aux injections échinococciques. — M. **L. Meunier** pense que le dosage des acides libre et chlorhydrique est insuffisant pour caractériser seul un suc gastrique hyperchlorhydrique; il faut y joindre la recherche de la densité et le dosage du glucose. — M. **H. Vallée** a étudié les lésions séniles des ganglions nerveux du chien, qu'il attribue à une phagocytose normale, et qui stimulent à s'y méprendre les lésions de la rage. — M. **M. Labbé** a déterminé la proportion de l'hémoglobine réduite dans le sang à l'état normal et chez les cardiopathes; elle est plus élevée chez ces derniers. — MM. **A. Dastre** et **Stassano** communiquent des expériences qui tendent à démontrer que l'immunité des parasites intestinaux vis-à-vis des sucs digestifs serait due à l'existence d'une antikinase. — M. **C. Delezenne** a constaté que les sérums sanguins perdent leur propriété antikinasique lorsqu'ils sont soumis à une température élevée.

Séance du 31 *Janvier* 1903.

M. **P. Mégnin** cite de nouveaux faits qui s'opposent à un rôle joué par les Ixodes dans la propagation des Piroplasmoses. — M. **A. Laveran** a déterminé les Culicides recueillis à Diégo-Suarez et au Sénégal. A Diégo-Suarez, l'*Anopheles funestus* sert à la propagation de la filariose comme à celle du paludisme. Au Sénégal, il y a une grande abondance de *Stegomyia fasciata*, qui sont les agents de propagation de la fièvre jaune. — M. **P. Richer** a étudié quelques caractères anatomiques des jambes des statues égyptiennes. — MM. **A. Dastre** et **Stassano** ont constaté que le mélange de kinase et de suc pancréatique inactif perd ses propriétés protéolytiques après cinq heures de contact à la température de l'étuve, s'il n'y a pas d'albumine à digérer en présence; au contraire, ce contact n'a pas d'effet destructif s'il y a un corps à digérer. — Les mêmes auteurs apprécient la valeur des trypsines et des sucs pancréatiques du commerce à la fois par leur action digestive sur l'albumine et par l'action anti exercée sur eux par l'addition d'une macération de tænia. — MM. **A. Gilbert** et **A. Lippmann** ont reconnu qu'à l'état normal les voies biliaires, sur la presque totalité de leur parcours extra-hépatique, sont le siège d'une abondante flore microbienne anaérobie. Les germes anaérobies les plus constants (coli-bacille, entérocoque) ne franchissent qu'exceptionnellement la portion moyenne du cholédoque. — M. **M. Hepp** présente un flacon de suc gastrique de porc obtenu par exclusion gastrique. — M. **J. Lépine** a observé l'intégrité des ilots de Langerhans dans certaines glycosuries toxiques. — M. **M. Dupont** a étudié l'influence des variations de pression de l'air sur le poumon. Il présente l'appareil qui a servi à réaliser ces variations. — M. **J. Cluzet** a reconnu que, pendant l'hiver, la section du nerf sciatique de grenouille verte ne détermine pas l'inversion à l'excitation électrique médiate, comme cela a lieu pendant l'été; mais on peut alors observer cette inversion d'une manière constante par l'excitation immédiate de la surface de section du bout périphérique. — MM. **A. Gilbert** et **M. Herscher** ont observé la fréquence des naevi capillaires et artériels dans les maladies du foie et des voies biliaires.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 20 *Janvier* 1903.

M. **N. Koltzoff** a étudié la réorganisation des corpuscules centraux chez la *Galathea squamifera*. — M. **J. Cotte** a constaté que le *Suberites domuncula* renferme une tyrosinase, ainsi que des corps susceptibles de donner naissance à de la tyrosine. — Le même auteur a reconnu, chez les Eponges, que le manganèse se rencontre principalement dans les tissus qui possèdent une croissance rapide et qui sont appelés à subir, à un moment donné, un accroissement très actif. Le fer existe également chez les Eponges. — M. **L. Bordas** a étudié les glandes salivaires de la nymphe de *Sphinx convolvuli* L.; ce sont les homologues des glandes séricigènes ou glandes labiales de la larve. — M **Ch. Livon** a constaté que, dans l'anesthésie par l'amylène, les gaz du sang en renferment une proportion assez importante. Le rapport CO^2:O tend à augmenter, ce qui prouve que les phénomènes de combustion intime ne s'arrêtent pas. — M. **Alezais** signale un nouveau cas d'anomalie de division du poumon droit.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 *Février* 1903.

M. **Dauvé** présente à la Société un modèle de grande résistance obtenue en traçant en zigzag des traits d'aluminium sur du verre (procédé Margot). Ces traits se produisent, après deux ou trois frottements, avec un morceau d'aluminium limé en biseau et que l'on guide avec une règle. Les contacts se prennent facilement en appliquant sur l'extrémité du trait un morceau de papier d'étain serré, avec interposition de cuir, par une pince métallique munie d'une borne. Les traits sont ensuite recouverts d'un vernis au bitume de Judée. La résistance ainsi obtenue varie un peu pendant quelques mois, puis elle prend une valeur fixe. Outre son prix de revient très faible, elle présente l'avantage d'être dénuée de capacité et de self-induction. — M. **Brillouin** donne lecture d'un mémoire du lieutenant **Tissot** sur les nouveaux récepteurs magnétiques de Marconi pour la télégraphie sans fil. Pour obtenir la meilleure utilisation de l'énergie fournie par le poste d'émission, et la meilleure disposition des appareils, tant d'émission que de réception, il importe de savoir à quoi l'organe essentiel de la réception est surtout sensible. Est-ce à l'énergie moyenne? à l'intensité moyenne? à l'intensité maxima? au choc du front de l'onde? Et réciproquement, pour l'étude de la propagation même de l'onde, il importe d'utiliser des récepteurs variés. Outre le tube à limailles, dont on n'obtient des indications quantitatives qu'au prix d'observations multipliées, le lieutenant Tissot a employé un bolomètre, analogue à celui de Rubens, de sensibilité suffisante pour *mesurer* l'énergie reçue par une antenne à 4 kilomètres du poste d'émission. Sur les conseils de M. Brillouin, le lieutenant Tissot a employé aussi, à cette même distance de 4 kilomètres, le récepteur à désaimantation de Rutherford[1], qui, d'après les recherches antérieures de lord Rayleigh[2], est sensible presque exclusivement à l'intensité maximum du courant dans l'antenne réceptrice. Ce récepteur, que Rutherford avait pu employer pour les ondes de l'excitateur de Herz jusqu'à 1 kilomètre environ, est constitué par une hélice, intercalée entre l'antenne et la terre, dans laquelle est placé un faisceau de fines aiguilles d'acier aimantées à saturation; la diminution d'aimantation due au passage de l'onde est indiquée par la déviation d'un équipage astatique voisin. Un dispositif auxiliaire permet de réaimanter l'aiguille à saturation de temps en temps.

[1] *Phil. Trans.*, 1897.
[2] *Œuvres*, t. II, 1870.

Ce dispositif, dont le mémoire de Rutherford et un mémoire plus récent de miss Brooks[1] ont montré la fidélité, a été employé concurremment avec le bolomètre, en septembre et octobre 1902, entre deux postes situés à 4 kilomètres, pour les recherches théoriques indiquées ci-dessus, dont on rendra compte ultérieurement. Le récepteur d'ondes de Rutherford n'est qu'un précieux instrument de recherches scientifiques; le montage est délicat; la sensibilité est médiocre, mais régulière. M. Marconi[2] lui a fait subir deux transformations, qui, sans diminuer sa fidélité, l'ont rendu merveilleusement sensible[3]. D'abord, il a remplacé le magnétomètre par le téléphone : outre l'enroulement relié à l'antenne, le faisceau aimanté est entouré d'une autre bobine reliée au téléphone; chaque chute d'aimantation produit un bruit qui permet la réception (mais qui ne permettrait pas des mesures). En outre, M. Marconi — probablement en cherchant un dispositif mécanique pour rétablir la saturation qui est, d'après les recherches de Rutherford, nécessaire à la sensibilité — a été conduit à placer le faisceau aimanté dans un champ magnétique intense à renversement périodique assez fréquent. Il a décrit récemment plusieurs dispositifs de ce genre. C'est avec eux qu'ont été effectuées, en juillet 1902, sur le *Carlo-Alberto*, les expériences de transmission de dépêches complètes, à très grande distance. D'après le rapport du lieutenant Lolari[4], M. Marconi a reçu, à travers la France entière, d'Irlande en Sardaigne, à plus de 1.500 kilomètres, une dépêche complète, non sans peine à la vérité. Les antennes, tant d'émission que de réception, sont remplacées par des réseaux de fils couvrant des surfaces d'un quart d'hectare; à l'émission, on peut tirer de toute l'antenne des étincelles de 30 centimètres. M. Marconi donne du phénomène qu'il utilise une explication qui le rendrait tout à fait différent de celui de Rutherford, et ferait jouer à la variabilité du champ magnétique auxiliaire un rôle capital. Le passage de l'onde supprimerait le retard *dans le temps*, entre l'aimantation actuelle et l'aimantation due à la valeur actuelle du champ magnétique auxiliaire. Or, les expériences de Rutherford montrent l'existence d'une désaimantation intense d'une aiguille saturée; l'existence d'un phénomène d'hystérésis seule n'est donc pas douteuse, même dans le dispositif de Marconi; reste à savoir s'il est le seul important, ou s'il est au contraire négligeable devant le phénomène de traînage invoqué par Marconi. Le lieutenant Tissot a entrepris cette étude au laboratoire, en faisant passer dans un récepteur construit d'après les principes de Marconi le courant de décharge d'une capacité. En variant la capacité, la self-induction et la résistance du circuit de décharge, on peut varier à volonté la forme de la décharge sans changer l'énergie fournie au récepteur. A égalité d'énergie reçue, les décharges très amorties sont les plus efficaces; la période de la décharge est indifférente. L'effet paraît bien comparable à un choc. On peut tracer, par des mesures au magnétomètre, la courbe d'hystérésis du noyau du récepteur Marconi, en fonction de la position de l'aimant qui produit le champ magnétique variable auxiliaire. Les noyaux qui donnent le plus de sensibilité sont ceux dont le cycle d'aimantation embrasse une grande surface. L'acier, d'ailleurs variable suivant sa nature, sa forme, sa trempe, est très supérieur au fil de fer doux; le fer doux, en limaille fine et propre, est très bon. La sensibilité est indépendante de la vitesse de variation du champ auxiliaire, tant qu'elle n'est pas très grande. Tout ceci paraît indiquer un phénomène d'hystérésis pure, et est incompatible avec une influence notable du *traînage magnétique*. En outre, lorsqu'on fait varier lentement le champ auxiliaire, on reconnait que la sensibilité n'est pas la même dans toutes les phases, et qu'elle est la plus grande lorsque l'intensité d'aimantation est décroissante en valeur absolue (bien que le champ auxiliaire croisse), avec de petites différences d'un échantillon à un autre. Tout ceci paraît indiquer que le phénomène mis en jeu est de même nature que dans les expériences de Rutherford. Le lieutenant Tissot a également effectué des expériences de transmission à distance, qui confirment à la fois la régularité et la sensibilité du nouveau récepteur. Celle-ci paraît bien au moins comparable à celle des meilleurs cohéreurs. Car la transmission a été excellente à 50 kilomètres, sans rien changer aux antennes ordinaires, en n'employant à l'émission qu'une énergie très réduite, correspondant à 0,5 centimètre seulement de longueur d'étincelle. — **M. D. Berthelot** entretient la Société *de la notion des états correspondants et de divers points correspondants remarquables*. La théorie si féconde des états correspondants, que M. Van der Waals a déduite en 1880 de son équation caractéristique bien connue, se ramène à des notions d'ordre mathématique, indépendantes de toute hypothèse moléculaire : à savoir l'emploi des unités spécifiques, ou encore la similitude géométrique des mouvements moléculaires (Kamerlingh Onnes), ou encore l'homogénéité algébrique (Meslin). Pour que la théorie se vérifie, il suffit que l'équation caractéristique :

$$f(p, v, T) = 0,$$

ne contienne que trois constantes particulières à chaque fluide et qu'on puisse, sur un réseau quelconque de lignes représentatives de l'état du corps (isothermes, isobares, adiabatiques, etc.), trouver un ou plusieurs points définis analytiquement. Le point critique fournit le plus anciennement connu et jusqu'ici le seul utilisé des points de ce genre. M. D. Berthelot montre que l'étude des effets thermiques qui accompagnent la détente des fluides permet de trouver divers autres points correspondants remarquables. L'effet thermique produit par la détente d'un courant gazeux à travers une paroi poreuse, dans l'expérience classique de Joule et Thomson, est la somme de l'effet qui répond à la variation ΔU de l'énergie interne du gaz et de l'effet équivalant au travail extérieur $\Delta(pv)$ dû à ce que le gaz ne suit pas la loi de Mariotte. Si l'on fait croître graduellement la pression initiale en détendant le gaz jusqu'à une pression nulle, les calculs auxquels conduit l'équation de Van der Waals indiquent les quatre lieux géométriques suivants (sur un réseau d'isothermes où l'on porte en abscisses les pressions p, en ordonnées les produits pv) :

$\Delta(pv)$ maximum	Parabole 1
$\Delta(pv)$ nul	Parabole 2
$[\Delta(pv) + \Delta U]$ maximum.	Parabole 3
$[\Delta(pv) + \Delta U]$ nul.	Parabole 4

Les coordonnées des sommets de ces paraboles fournissent des unités de volume, de pression et de température qui permettent, comme celles du point critique, de ramener à une forme purement numérique, commune à tous les corps, l'équation caractéristique des fluides. Le plus remarquable de ces points est le sommet de la parabole 2, qui se trouve d'ailleurs en même temps sur la parabole 3. L'équation réduite calculée en prenant ses coordonnées pour unités montre qu'en ce point : 1° Le volume réel du gaz est égal à son volume idéal; 2° Ce volume est double du covolume; 3° La pression de cohésion du gaz est égale à sa pression manométrique. D'autre part, la Thermodynamique permet de calculer ces divers lieux en fonction des variables p, v, T et de leurs dérivées; en sorte que l'on peut se servir des expériences de M. Amagat sur l'acide carbonique, l'éthylène, l'azote et l'air. On constate ainsi que la forme générale de ces lieux est bien celle que fait prévoir la théorie de Van der Waals, mais

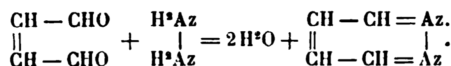
[1] *Phil. Mag.*, 1901.
[2] Conférence à la *Royal Institution*, 13 juin 1902.
[3] *L'Eclairage électrique*, 3 et 10 janvier 1903.
[4] *Rivista Maritima*, oct. 1902. *Voir l'Eclairage Electrique*, janvier 1903.

que l'accord quantitatif est très imparfait, sauf pour le sommet de la parabole 2, où l'expérience donne exactement les valeurs théoriques. Ce point joue un rôle important dans les problèmes relatifs à l'énergie des fluides, tandis que le point critique n'y intervient pas, ne se trouvant même pas sur une des paraboles 1, 2, 3 ou 4. On peut dire que, si les coordonnées du point critique fournissent les unités naturelles avec lesquelles il convient de traiter les questions concernant la coexistence de la phase liquide et de la phase gazeuse (liquéfaction, tension de vapeur, etc.), les coordonnées du sommet de la parabole 2 fournissent les unités naturelles à introduire dans les problèmes relatifs à l'énergie des fluides et à l'évaluation des forces moléculaires.

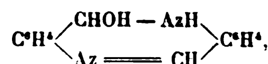
SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 13 Février 1903.

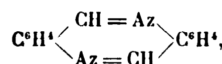
M. Brenans a obtenu un nouvel isomère diiodé du phénol, le phénol diiodé $C^6H^3.OH.I^2$ (1 : 3 : 5), en partant d'une orthonitraniline diiodée $C^6H^2.AzH^2.AzO^2.I^2$ et par la succession des réactions suivantes : 1° Le sulfate diazoïque de cette nitraniline diiodée, qu'il a fait connaître antérieurement, a été décomposé au moyen de l'alcool absolu et lui a donné le nitrobenzène diiodé $C^6H^3.AzO^2.I^2$ (1:3:5), composé déjà préparé par MM. Willgerodt et Arnold [1] en décomposant le dérivé diazoïque de la paranitraniline diiodée $C^6H^2.AzH^2.AzO^2.I^2$ (1 : 4 : 2 :6). Ce nitrobenzène diiodé a fourni par réduction l'aniline diiodée $C^6H^3.AzH^2.I^2$ (1 : 3 : 5), identique à la base obtenue par ces savants en réduisant leur produit. Cependant, l'acétanilide $CH^3.CO.AzH.C^6H^3.I^2$ préparé avec l'aniline des deux origines ne fond pas à 101-102°, comme l'ont indiqué les mêmes auteurs, mais se volatilise sans fondre à 257-258°. L'orthonitraniline diiodée, qui est le point de départ pour la préparation du nitrobenzène diiodé 1 : 3 : 5 et de l'aniline diiodée 1 : 3 : 5, a donc la constitution $C^6H^2.AzH^2.AzO^2I^2$ (1 : 2 : 4 : 6). 2° L'aniline diiodée $C^6H^3.AzH^2.I^2$ (1 : 3 : 5) a été diazotée et le sulfate du diazo, chauffé en présence d'eau, a donné naissance à un composé nouveau, le diiodophénol $C^6H^3.OH.I^2$ (1 : 3 : 5), dont l'auteur a préparé les éthers éthylique $C^2H^5O.C^6H^3.I^2$ et acétique $C^2H^3O.C^6H^3.I^2$ (1 : 3 : 5). Les dérivés diiodés préparés jusqu'ici par M. Brenans sont les isomères $C^6H^3.OH.I^2$ 1 : 2 : 4, 1 : 2 : 6, 1 : 3 : 6 et 1 : 3 : 5; l'auteur cherche à préparer les autres isomères prévus par la théorie. — **M. R. Marquis** a fait réagir l'hydrazine sur l'aldéhyde fumarique (ou maléique), dont il a indiqué précédemment le mode de production; et a obtenu ainsi l'*orthodiazine* :



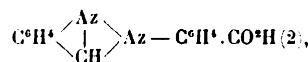
Cette base est identique à celle déjà préparée par M. Taüber et par MM. Gabriel et Colman (F. 8°; Eb. 205° (corr.) sous 755mm,5). Le point de fusion du *chloraurate* $C^4H^4Az^2.AuCl^3$ est situé à 170°; celui du *picrate* $C^4H^4Az^2.C^6H^2(AzO^2)^3OH$, à 169°. Elle fournit deux *chloroplatinates*, l'un *normal* $(C^4H^4Az^2HCl)^2PtCl^4$, l'autre *anormal* $(C^4H^4Az^2)^2PtCl^4$. Enfin, la réduction de l'o-diazine engendre une petite quantité de tétraméthylène diamine. — **M. A. Hollard** expose le parti qu'on peut tirer, en analyse électrolytique, de la variation de la tension de polarisation de l'hydrogène avec la nature chimique de la cathode. Il a pu ainsi séparer des métaux ayant des tensions de polarisation très rapprochées, comme le zinc et le cadmium, dans un bain très acide et avec des cathodes en étain ou en cadmium. Dans ces conditions, la tension de polarisation de l'hydrogène devenant supérieure à celle du cadmium, le dépôt de cadmium peut recouvrir la cathode sans être entravé par le dégagement d'hydrogène; quant au zinc, il ne peut se déposer sur la cathode à cause du dégagement trop considérable d'hydrogène qui accompagnerait son dépôt. — **M. P. Freundler** a obtenu, en réduisant l'alcool *o.*-nitrobenzylique par la poudre de zinc, la soude et l'alcool, une série de produits qui résultent de la transformation du groupement nitré en groupement aminé, et de la fonction alcool en fonction aldéhyde ou acide; de plus, un certain nombre de produits primaires de la réaction se condensaient entre eux pour former des composés plus complexes. On n'obtient, par conséquent, pas les produits normaux d'une réduction par la poudre de zinc en solution alcaline, c'est-à-dire des azoïques, des hydrazoïques ou des azoxiques. Les composés définis qui ont été isolés sont : l'alcool *o.*-aminobenzylique, l'aldéhyde et l'acide *o.*-aminobenzoïque, l'aldéhyde anhydro-bis-*o.*-aminobenzoïque :



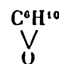
la bis-anhydro-aminobenzaldéhyde :



l'acide indazyl-*o.*-benzoïque :



et en très petite quantité un acide rouge de formule $C^{14}H^{12}Az^2O^3$ et une amide de formule $(C^{14}H^8Az^2O^2)^n$. En effectuant d'une façon analogue la réduction de l'éther oxyde (1) $AzO^2.C^6H^4.CH^2OC^2H^5$ (2), on obtient une certaine quantité de l'azoïque correspondant et une quantité également très notable de l'amine (1) $AzH^2.C^6H^4.CH^2OC^2H^5$ (2). D'autres recherches ont montré que cette tendance à la formation du groupement AzH^2 est générale lorsqu'il y a une substitution en position ortho. L'alcool benzène-*o.*-azobenzylique, que l'auteur cherchait à obtenir en réduisant un mélange de nitrobenzène et d'alcool *o.*-nitrobenzylique, peut être préparé en condensant le nitrobenzène avec l'alcool *o.*-aminobenzylique en présence d'alcool et d'acide acétique. Mais, si l'on opère en l'absence de ce dernier agent, on obtient uniquement de l'azoxybenzène; une partie de l'alcool aminé agit comme réducteur, tandis que le reste n'entre pas en réaction et peut être facilement récupéré. — **M. Chavannes** expose les résultats qu'il a obtenus dans l'étude de l'acide isopyromucique. — **M. Brunel**, poursuivant l'étude des iodhydrines du cyclohexène décrites précédemment, a, par saponification de ce corps, obtenu les alcools correspondants. Le composé $OH.C^6H^{10}.I$ fournit un cyclohexanediol-1 : 2, $OH.C^6H^{10}.OH$, fondant à 104°, bouillant à 236°, cristallisant en lamelles orthorhombiques incolores. Ce glycol donne, par action du chlorure de benzoyle, un dibenzoate fusible à 93°,5. Dans la préparation du glycol, l'auteur signale comme terme de passage la formation de l'oxyde d'éthylène du cyclohexanediol :



composé sur lequel il reviendra prochainement. Les deux iodhydrines $CH^3O.C^6H^{10}I$ et $C^2H^5O.C^6H^{10}I$, saponifiées par l'oxyde d'argent, donnent les alcools-éthers oxydes correspondants : $CH^3O_{(1)}.C^6H^{10}.OH_{(2)}$ et $C^2H^5O_{(1)}.C^6H^{10}OH_{(2)}$. Par action de l'acide iodhydrique à 70°, ces corps sont dédoublés en une molécule d'iodure de méthyle ou d'éthyle et une molécule du cyclohexanediol-1 : 2 précédent, ce qui établit leur constitution. Enfin, M. Brunel montre que le glycol de l'iodhydrine est différent de l'orthonaphtène-glycol que M. Markownikoff a obtenu par la réaction de Wagner (solution

[1] *Ber. d. deut. Ch. G.*, t. XXXIV, p. 3346.

étendue et froide de permanganate) sur le cyclohexène. Cet orthonaphtèneglycol, qui fond à 99-100° et bout à 225°, fournit un dibenzoate fondant à 63°. — **M. Maurice Nicloux** fait une communication sur le *dosage et l'analyse organique de petites quantités de glycérine pure.* L'auteur expose la technique du dosage de petites quantités de glycérine et insiste sur le procédé très simple, très rapide et très exact qui permet d'effectuer une véritable analyse organique de petites quantités de glycérine par la mesure de l'oxygène consommé et de l'acide carbonique produit, cela sur quelques milligrammes de glycérine en solution dans l'eau. Les expériences de contrôle démontrent la parfaite exactitude de la méthode.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences mathématiques.

J. Larmor : Sur les relations électrodynamiques et thermiques de l'énergie de la magnétisation. — Voici les points principaux que l'auteur a mis en lumière :

1° Dans un champ électrodynamique, il existe le mode usuel d'énergie électrocinétique, mais aussi, en plus, l'énergie de magnétisation de la matière magnétique;

2° Cette énergie de magnétisation semble formée d'une partie donnée par la formule ordinaire, laquelle (dans le cas de corps paramagnétique) est dérivée de sources thermiques, et qui, en l'absence d'hystérésis, est l'équivalent mécanique de l'énergie thermique ; et aussi d'une partie locale, qui est en partie utilisable, mais qui est aussi en partie l'énergie intrinsèque permanente des molécules, considérée temporairement comme énergie magnétique;

3° La loi de Curie, d'après laquelle la susceptibilité des substances paramagnétiques faibles est inversement proportionnelle à la température absolue, est vérifiée par ces hypothèses;

4° Le degré d'efficacité directe (non thermique) du magnétisme retenu ne peut être connu que par un procédé empirique, par exemple, dans ses traits généraux, par l'inspection du diagramme d'hystérésis de Lord Rayleigh.

2° Sciences naturelles.

N.-H. Alcock : Sur la variation négative des nerfs chez les animaux à sang chaud. Voici les conclusions de ce mémoire : — 1° Il est possible d'examiner des nerfs isolés de Mammifères et d'Oiseaux dans les mêmes conditions que les nerfs de grenouille;

2° Il n'y a pas de différence essentielle entre les nerfs de grenouilles, de Mammifères et d'Oiseaux au point de vue de leur variation négative, de leur excitabilité et de leur réaction aux anesthésiques;

3° Il y a une différence marquée dans le point d'extinction pour la chaleur. La variation négative dans le nerf de grenouille est abolie à 40-42°C., dans le nerf de lapin à 48-49°, dans le nerf de pigeon à 53°;

4° Ce point d'extinction correspond étroitement au premier point de coagulation des protéides du corps, lorsque ceux-ci sont connus; donc la coagulation est probablement la cause de la perte permanente de l'irritabilité du nerf;

5° Le point auquel les nerfs sont paralysés par le froid est — 3°,5 chez la grenouille, — 1°,4 chez le hérisson, + 3°,8 chez le lapin et + 6°,9 chez le pigeon.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 21 Janvier 1903 (suite).

M. G. D. Lander a préparé un certain nombre d'imino-éthers par l'action des chlorures d'imides sur les alkylates de Na : éther Az-éthylbenziminoéthylique, $C^6H^5C(OC^2H^5):AzC^2H^5$, Eb. 221°-223° ; éther Az-méthylbenziminométhylique, Eb. 203°-206°; éther Az-benzylbenziminoéthylique, Eb. 186°-188° sous 12 mm. — **M. R. D. Abell**, en condensant la phényléthylcétone avec la benzalacétophénone, a obtenu : 1° le 2-phényl-1-méthyl-1 : 3-dibenzoylpropane, F. 103°5-104°5; 2° le 2 : 4-diphényl-1-méthyl-1 : 3 : 5-tribenzoylpentane, F. 241°-242°. L'acétophénone et la benzalpropiophénone réagissent de même en présence d'éthylate de soude en donnant : 1° le 2-phényl-1 : 3-diméthyl-1 : 3-dibenzoylpropane, F. 162°-163°; 2° un mélange de 2-phényl-1 : 3-dibenzoylpropane et de 2-phényl-1-méthyl-1 : 3-dibenzoylpropane ; 3° le 2-phényl-1-méthyl-1 : 3-dibenzoylpropane, F. 103°-5-104°5; 4° le 2 : 4-diphényl-1 : méthyl-1 : 3 : 5-tribenzoylpentane, F. 241°-242°; 5° le 2 : 4-diphényl-1 : 3 : 5-tribenzoylpentane, F. 255°-256°; 6° de l'acide benzoïque. — **M. R. D. Abell**, en réduisant le 2-phényl-1 : 3-diméthyl-1 : 3-dibenzoylpropane par le zinc et l'acide acétique, a obtenu le 1 : 3 : 5-triphényl-2 : 4-diméthylcyclopentanediol, F. 143°-144°, lequel, réduit à son tour par P rouge et HI, a fourni les deux 1 : 3 : 5-triphényl-2 : 4-diméthylcyclopentanes isomères, l'un F. 80°-81°, l'autre Eb. 246°-248° sous 28 mm. Le diol, fondu avec l'acide oxalique, donne le 1 : 3 : 5-triphényl-2 : 4-diméthylcyclopentadiène, F. 127°-128°. Du 2-phényl-1-méthyl-1 : 3-dibenzoylpropane, on prépare d'une façon analogue : le 1 : 3 : 5-triphényl-2-méthyl-cyclopentanediol, F. 68°-80° ; le 1 : 3 : 5-triphényl-2-méthylcyclopentadiène, F. 162°-163°, et les deux 1 : 3 : 5-triphényl-2-méthylcyclopentanes isomères, l'un F. 121°-122°, l'autre Eb. 260°-262°. — **MM. F. R. Japp** et **W. Maitland** ont observé que la formation des carbazols par l'action des phénols sur les arylhydrazines en présence de leurs chlorhydrates a lieu d'autant mieux que le phénol passe plus facilement dans sa forme orthocétonique tautomère. Les auteurs ont préparé : le *s*-1 : 2-dinaphtocarbazol, F. 155°; le 1 : 2 : 2′ : 1′-dinaphtocarbazol, F. 231°; le 9 : 10-phénanthro-1′ : 2′-naphtocarbazol, F. 220°. — **MM. F. R. Japp** et **A. C. Michie** ont constaté que l'α-méthylanhydracétone-benzyle existe sous deux formes, F. 118° et F. 133°5. — Les mêmes auteurs ont étudié les produits d'oxydation par CrO^3 des dérivés méthyliques de l'anhydracétonebenzyle. Le dérivé α-méthylé donne l'acide γ-acéto-βγ-diphényl-βγ-oxydobutyrique, F. 131°-132° ; le dérivé β-méthylé fournit l'acide α-méthyl-α′β-diphényl-α′β-dihydroxyglutarique, F. 176°. Le dérivé αβ-diméthylé donne soit l'acide γ-acéto-α-méthyl-βγ-diphényl-βγ-oxydobutyrique, F. 164°, soit la 1 : 3-diméthyl-4 : 5-diphényl-1 : 4 : 5-trihydroxycyclopentanone-2, F. 89° ; enfin, le dérivé ββ-diméthylé fournit l'acide αα-diméthyl-α′β-diphényl-α′β-oxydoglutarique, F. 171° et 184°. — **MM. A. Lapworth** et **W. W. S. Nicholls** ont préparé un certain nombre de dérivés du cyanacétate de menthyle, F. 83°-84°. — **M. A. Lapworth** cite de nouveaux faits à l'appui de sa théorie de l'influence des groupes nitrés sur la réactivité des dérivés halogénés du benzène.

Séance du 4 Février 1903.

MM. F. G. Donnan et **B. C. Burt** ont déterminé les courbes de solubilité du nitrate de lithium et de ses deux hydrates $LiAzO^3.3H^2O$ et $LiAzO^3.\frac{1}{2}H^2O$. — **M. O. Silberrad** et **T. H. Easterfield**, en faisant réagir l'iode sur le dérivé sodé de l'α-carboxyglutarate d'éthyle, ont obtenu l'α-iodo-α-carboxyglutarate d'éthyle. En chauffant le dérivé sodé avec cet éther halogéné, il n'y a pas condensation, mais on obtient un nouveau carboxyglutaconate d'éthyle, isomère du corps déjà connu. Par action de 2 molécules d'α-iodopropionate d'éthyle sur une molécule d'éthanetétracarboxylate d'éthyle disodé, les auteurs ont préparé un éther hexacarboxyléthylique, d'où l'on a retiré par hydrolyse l'acide αα-diglutarique. — **M. A. Richardson**, distillant de l'eau de chlore à 100°, a constaté que le distillatum renferme du chlore actif à l'état d'acide hypochloreux, et que le résidu renferme HCl en quantité équivalente à l'acide hypochloreux du distillatum. L'eau de chlore $Cl^2 + H^2O$ se comporterait donc en partie comme un mélange $HCl + HClO$, que la distillation n'aurait d'autre effet que de séparer. Si l'on opère la distillation avec un condenseur à reflux, la solution d'eau de chlore ne change pas de composition.

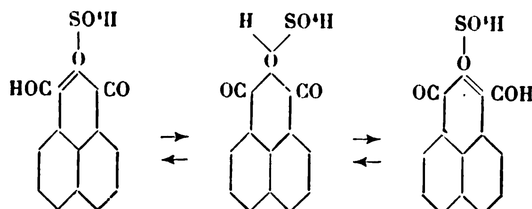
— **M. J. S. Lumsden** décrit un nouvel appareil pour prendre la densité de vapeur et un nouveau pyromètre. — **M. E. W. Lewis** a observé qu'en faisant digérer le phénol en solution alcoolique avec le chlorure de butyle tertiaire et un excès d'alcali, il ne se forme pas l'éther phénylbutylique tertiaire, mais le butylphénol tertiaire isomère.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LONDRES

Séance du 5 *Janvier* 1903.

M. J. T. Hewitt recherche si la fluorescence de l'anhydride naphtalique en solution sulfurique est incompatible, comme le prétendent Francesconi et Bargellini, avec sa théorie de la fluorescence, d'après laquelle la fluorescence des composés organiques dépend de la possibilité d'un tautomérisme tel que la molécule dans l'une de ses configurations peut passer à l'autre configuration par des déplacements égaux d'un atome ou de plusieurs atomes en sens opposés. M. Hewitt admet que l'acide sulfurique agit sur l'anhydride naphtalique en formant des sels d'oxonium très instables, présentant le double tautomérisme symétrique caractéristique des substances fluorescentes :



Ce cas ne serait donc pas une exception à la règle.

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 29 *Janvier* 1903.

M. W. H. Sodeau décrit un appareil perfectionné pour l'analyse exacte des gaz; il signale les avantages qu'il présente sur celui de Macfarlane et Caldwell et sur celui de Dittmar.

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 27 *Janvier* 1903.

MM. **L. Dobbin** et **Al. D. White** ont étudié l'enlèvement des taches de rouille qui se produisent fréquemment sur les toiles pendant leur fabrication. Les acides dilués dissolvent le fer, mais laissent des taches brunes dues à une matière colorante organique envers laquelle le fer a agi comme mordant; les hypochlorites, par contre, détruisent cette matière organique, mais laissent le fer. En combinant les deux opérations, on enlève complètement les taches. Dans quel ordre doivent-elles être faites? Le traitement de l'hydrate de fer par les hypochlorites libère de l'oxygène, qui pourrait augmenter l'état d'oxydation de la cellulose aux endroits tachés et y diminuer la résistance de la toile. L'emploi préliminaire de l'acide dilué semblerait donc théoriquement s'imposer. Toutefois, les expériences faites par les auteurs n'ont pas accusé un effet fâcheux par l'emploi préliminaire de l'hypochlorite. — **M. Al. White** a constaté qu'une solution de chlorure de chaux agit sur le fer, l'étain, le cuivre, le nickel et le cobalt en dégageant de l'oxygène; cet oxygène à l'état naissant peut oxyder la cellulose en donnant de l'oxycellulose. Avec l'aluminium et le magnésium, il se dégage, au contraire, de l'hydrogène. L'action du chlorure de chaux sur le fer, le nickel et le cobalt en présence d'une pièce de toile produit la désintégration complète de celle-ci.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 19 *Décembre* 1902.

M. A. Gotthelf préconise la méthode de Gutzeit pour la recherche de l'arsenic dans les produits chimiques. L'arsenic est réduit, lorsque cela est nécessaire, par l'acide sulfureux, l'acide iodhydrique ou le chlorure cuivreux. Il est dégagé à l'état d'AsH^3 par le zinc et l'acide chlorhydrique, et il est décelé par un papier-filtre humecté avec une solution alcoolique saturée de chlorure mercurique. — **M. S. P. Sadtler** examine au point de vue général le problème de l'imprégnation des bois dans le but de les rendre incombustibles. La matière imprégnante ne doit pas être hygroscopique, ni efflorescente; elle ne doit pas favoriser le développement des champignons; elle ne doit pas être très vénéneuse; elle ne doit pas corroder les clous ou vis qui pourraient être introduits dans le bois. Elle doit rendre le bois très résistant au feu et aux autres causes de destruction. Le sulfate d'aluminium paraît répondre le mieux à toutes ces conditions. — **M. L. J. Matos** a étudié l'application des couleurs sulfurées à l'impression des pièces de coton. La principale difficulté de leur emploi réside dans l'action destructive qu'elles exercent sur les rouleaux de cuivre servant à l'impression. Dans certains cas, on a transformé la couleur en son dérivé leuco pour l'impression, puis on l'a oxydée sur la fibre pour l'y fixer sous forme insoluble. On a aussi proposé l'emploi de rouleaux nickelés. — **M. R. W. Moore** décrit divers moyens pour différencier le carbonate de baryum naturel pulvérisé du carbonate artificiel précipité, ce dernier étant soumis à des droits de douane à son entrée aux Etats-Unis alors que le premier en est exempt.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 23 *Janvier* 1903.

MM. **W. Jaeger** et **H. von Steinwehr** ont déterminé la valeur en eau d'un calorimètre de Berthelot en unités électriques. Pour cela, ils ont mesuré l'échauffement du calorimètre produit par une quantité d'énergie électrique connue. La moyenne de six séries d'essais très concordantes leur a donné pour cette valeur 11.644 watts par seconde et par degré. — **M. E. Giebe** a déterminé la conductibilité calorifique aux basses températures du bismuth par la méthode de Gruneisen. Voici les valeurs obtenues :

TEMPÉRATURE	CHALEUR spécifique	CONDUCTIBILITÉ calorifique	CONDUCTIBILITÉ électrique
+ 18°	0,0303	0,0192	0,861
— 79°	0,0296	0,0252	1,196
— 186°	0,0284	0,0558	2,452

On voit que le rapport de la conductibilité calorifique à la conductibilité électrique reste sensiblement constant, contrairement à la loi de Lorenz d'après laquelle il dépendrait de la température. — **M. J. Zacharias** communique ses recherches sur le magnétisme et la mécanique des phénomènes magnétiques.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 6 30 MARS 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Élection à l'Académie des Sciences de Paris. — Le lundi 9 mars, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre titulaire dans sa Section d'Economie rurale, en remplacement du regretté P.-P. Dehérain. Les candidats présentés par la Section étaient les suivants : en première ligne, MM. L. Maquenne et Th. Schloesing fils; en seconde ligne, MM. G. André, G. Bertrand, Kunckel d'Herculais, L. Lindet et P. Viala.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 62,

M. Th. Schloesing fils	a obtenu	33	suffrages.
M. L. Maquenne	—	23	—
M. P. Viala	—	4	—
M. Kunckel d'Herculais	—	1	—

Il y a eu un bulletin blanc. M. Th. Schloesing fils, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, a été proclamé élu.

On doit au nouvel académicien d'importants travaux de Chimie et de Microbiologie agricoles : notamment, ses recherches sur les fermentations du tabac et sur la fixation de l'azote atmosphérique dans les plantes par l'entremise de certaines Bactéries, sont célèbres dans le monde entier.

§ 2. — Astronomie

Les taches solaires. — M. N. Demtschinsky, faisant intervenir la loi de l'*expansion limite* de Mendéléief, suppose pour le Soleil la constitution suivante : 1° un noyau gazeux à l'état visqueux; 2° une atmosphère solaire; 3° par-dessus cette atmosphère, une couche continue de nuages.

L'accélération équatoriale du Soleil est alors due à l'existence de courants, soumis à des lois analogues à celles qui régissent les vents terrestres, dans le sens du mouvement des taches; celles-ci ne seraient, elles-mêmes, que des excavations produites dans les nuages par le mouvement ascendant de cyclones formés dans les couches moyennes de l'atmosphère solaire. La période undécennale des taches n'existerait plus : on peut, en effet, l'attribuer uniquement aux effets de pures *moyennes*, car les nombres observés sont assez discordants.

Enfin les taches ont une action sur le magnétisme terrestre, car le noyau solaire, *aimanté*, fait sentir son influence sur la terre lorsque les nuages, formant écran, viennent à le découvrir en se déchirant par places — et non sur la météorologie.

Bien des conclusions de l'auteur sont opposées aux idées généralement admises, mais il peut être intéressant d'aller consulter son Mémoire manuscrit, déposé récemment aux Archives de la Société Astronomique de France.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

La pression du vent. — Les lois de la résistance de l'air heurtant une surface solide sont encore très mal connues, au grand préjudice de l'ingénieur, qui ne peut calculer avec quelque précision la forme à donner à l'aile d'un ventilateur, ni l'effort que le vent exercera contre ses constructions.

M. R. Neilson a entrepris de rassembler dans le numéro de janvier de l'*Engineering Magazine* les observations éparses à ce sujet et le résultat des quelques expériences publiées. Les conclusions qui se dégagent de son travail sont encore bien fragmentaires, mais elles sont intéressantes en tant qu'elles détruisent pas mal d'opinions courantes, mais préconçues.

L'effort exercé par le vent sur un corps solide n'est pas proportionnel à la section normale au déplacement de l'air. Elle est plus grande sur une surface plane que sur une surface cylindrique, et plus grande sur cette dernière que sur une autre sphérique. Des considérations théoriques feraient admettre le rapport 2, $\frac{4}{3}$, 1. Les expériences de Borda ont donné la relation un peu différente 1, 0,57, 0,41. M. Canovetti a trouvé qu'un hémisphère éprouvait une résistance quatre fois moins grande qu'un disque plat de même diamètre.

Ce qui étonnera davantage, c'est que des surfaces planes de même aire sont soumises à des pressions différentes suivant la forme de leur contour extérieur, *l'effort exercé étant grossièrement proportionnel à leur périmètre.*

Un parallélipipède offrant une de ses faces au vent éprouve une action *moindre* qu'une feuille mince identique à la face exposée.

Sur les surfaces exposées à un courant d'air oblique, la pression est maximum à l'endroit que le vent touche d'abord, diminue à mesure qu'on s'en éloigne, s'annule et devient négative dans la région voisine de celle par où le vent s'échappe. Ainsi le faîte d'un toit est soumis d'habitude à une pression négative : le vent tend à le soulever. On a constaté de même qu'un vent parfaitement horizontal tend à soulever la cloche d'un gazomètre. A Copenhague, une brise dont la vitesse variait de 30 à 75 kilomètres à l'heure diminuait la pression de plus d'un centimètre dans le grand réservoir de la ville.

Enfin, des corps semblables ne sont pas soumis à des efforts proportionnels à leurs aires. La force totale croît beaucoup moins vite que la surface totale sur laquelle il s'exerce. Cela est dû sans doute en partie au manque d'uniformité du vent, dont des filets très voisins peuvent avoir des vitesses fort différentes; mais le fait s'explique surtout par la déviation de l'air au contact d'un solide étendu : ses bords subissent en conséquence une pression moindre que le centre, peut-être même une pression négative. M. Wolfe Barry a mesuré au pont de Londres l'effort du vent sur une des volées mobiles d'une surface de 5.000 pieds carrés : il ne dépassait jamais 1 livre 1/2 par pied carré, alors qu'un petit anémomètre, placé tout à côté, enregistrait une pression de 6 à 9 livres par pied carré.

On comprendra tout l'intérêt pratique qu'offrirait une étude approfondie de cette dernière question, en se rappelant que, dans certaines constructions, comme le pont du Forth par exemple, la résistance prévue pour l'effort du vent dépasse toutes les autres résistances réunies. Or, tous les calculs sont basés sur l'hypothèse que toutes les parties de la construction supportent un effort égal au maximum enregistré par les anémomètres, soit 56 livres par pied carré. Il semble donc qu'on ait fait la construction, et beaucoup d'autres dans le même cas, beaucoup trop résistante.

Les Ascenseurs. — Une conférence sur les ascenseurs a été donnée par M. Walckenaer, ingénieur en chef des Mines, le 1er mars, dans le grand amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers. Le conférencier s'est occupé exclusivement des ascenseurs ordinaires à l'usage des personnes, tels qu'ils sont employés dans les maisons d'habitation.

L'origine de cette application de la Mécanique remonte au milieu du XVIIe siècle, époque où Villayer imagina les *chaises volantes*. Sous sa forme moderne, l'ascenseur date, à Paris, des dernières années du règne de Napoléon III. M. Léon Edoux, qui, depuis 1860, utilisait la force ascensionnelle de l'eau de la distribution urbaine au bardage des matériaux pour la construction des maisons, présenta, à l'Exposition universelle de 1867, un double ascenseur à l'usage des personnes. La même année, un appareil de son système était établi au Palais de Saint-Cloud. Le premier ascenseur à piston hydraulique desservant un immeuble à loyers fut installé en 1869, au n° 37 du boulevard Haussmann.

Actuellement, une grande variété s'est introduite dans les systèmes d'ascenseurs. D'un point de vue général, ils se partagent en deux classes : les ascenseurs à piston porte-cabine et ceux à cabine suspendue.

Dans les appareils à piston porte-cabine, c'est toujours une arrivée d'eau dans le cylindre qui fait monter le piston. Mais cette arrivée d'eau est tantôt produite par une pression hydraulique (généralement la pression de la distribution de la ville), tantôt par une pression d'air (à Paris, la distribution de la Compagnie parisienne de l'air comprimé), tantôt par l'action d'un moteur rotatif; celui-ci est, le plus souvent, électrique, mais il peut appartenir à tout autre système : c'est quelquefois un moteur à gaz.

Dans les appareils purement hydrauliques, le mécanisme peut conserver le maximum de simplicité. Il suffit d'un distributeur, mettant à volonté le cylindre du piston porte-cabine en communication avec la distribution d'eau de la ville ou avec l'égout, pour commander la montée et la descente; l'incompressibilité de l'eau assure la précision des arrêts. Si l'on veut éviter de dépenser en pure perte tout le travail d'élévation du poids mort, on peut équilibrer partiellement celui-ci par des contre-poids ou des compensateurs. Des précautions sont à prendre pour rendre impossible toute pénétration, dans le cylindre du piston porte-cabine, de l'air qui peut arriver par la canalisation d'eau.

Dans les ascenseurs aéro-hydrauliques, deux distributeurs sont nécessaires : l'un sur l'air, l'autre sur l'eau, pour éviter, lors des arrêts, les effets de l'élasticité de l'air. Il est de la plus haute importance que les dispositions de l'appareil rendent radicalement impossible, quoi qu'il arrive, toute introduction d'air dans le cylindre du piston porte-cabine : il convient, à cet effet, de séparer matériellement la capacité dans laquelle travaille l'air comprimé, de celle où se trouve emprisonnée la masse d'eau agissant directement sur le piston porte-cabine; cette séparation doit être telle qu'il ne puisse, en aucun cas, se produire de fuite de la première de ces capacités vers la seconde. Diverses formes de compensateurs assurent ce résultat.

Les ascenseurs électro-hydrauliques se classent en deux espèces : le moteur peut être à action immédiate et fait, par exemple, tourner dans un sens ou dans l'autre une vis irréversible qui commande les mouvements d'un compensateur; ou à action différée : dans ce second cas, il actionne une pompe qui refoule de l'eau, lorsque besoin est, sous le piston d'un accumulateur hydraulique, de manière à entretenir l'énergie potentielle de cet accumulateur. Les moteurs électriques employés sont à courant continu ou à courant alternatif, selon la distribution dont on dispose : on n'a pas le choix. Ceux à action immédiate doivent se prêter aux changements de sens ainsi qu'aux démarrages et aux arrêts fréquents et automatiques; ils doivent assurer à la cabine une vitesse sensiblement constante, quelle que soit la charge. Avec le courant continu, on assure la constance de la vitesse par l'emploi d'un moteur excité en dérivation; certains constructeurs ajoutent, à l'excitation shunt, une excitation complémentaire en série pour la période de démarrage; mais il est essentiel que cette excitation en série soit sûrement coupée une fois le démarrage effectué. Avec le courant alternatif, il est à la rigueur possible d'utiliser des moteurs à collecteur, construits avec peu de fer et excités en série, à la condition de demander à l'intervention d'un régulateur à force centrifuge la régularisation de la vitesse. On emploie aussi des moteurs d'induction de diverses espèces. Généralement ceux-ci ne peuvent démarrer qu'à vide, ce qui nécessite un mécanisme d'embrayage.

Les ascenseurs à cabine suspendue sont le plus souvent des appareils à treuil avec moteur électrique. Le treuil est placé soit au bas, soit au sommet du système. Il est bon que le travail du moteur soit transmis au treuil par l'intermédiaire d'une vis irréversible, afin de mettre la sécurité à l'abri d'une défaillance de l'appareil électrique. Des contre-poids assurent non seulement l'équilibrage du poids mort, mais encore, le plus souvent, un suréquilibrage correspondant à la moitié de la charge normale. Le montage des câbles et des poulies de renvoi, les freins du treuil et, s'il y a lieu, du moteur, doivent être combinés en vue d'une complète sécurité.

Parfois aussi le système de la suspension par câbles est appliqué à des ascenseurs hydrauliques : c'est lorsqu'on est obligé de réduire la course du piston moteur par rapport à celle de la cabine. Ce piston est alors placé verticalement à côté de l'ascenseur, ou horizontalement en cave, et son mouvement est transmis, amplifié, à la cabine suspendue par le moyen d'un mouflage. C'est principalement ainsi qu'ont été

disposés, aux Etats-Unis, les ascenseurs des grands immeubles à nombreux étages.

La question de parachute prend, pour les ascenseurs à suspension funiculaire, une importance considérable. D'ingénieux systèmes ont été combinés pour arrêter la cabine, non seulement dans le cas d'une rupture de câble, mais dans un cas quelconque d'excès de vitesse, quelle qu'en soit la cause.

Tout ascenseur peut être commandé soit par corde, soit électriquement. Les commandes électriques agissent par l'intermédiaire de servo-moteurs ou de relais; la mise en mouvement est toujours commandée par une émission de courant; l'arrêt peut être commandé par émission ou par rupture : cette seconde combinaison est naturellement celle qui exclut le plus complètement la possibilité d'un manque d'arrêt.

Il est essentiel de tenir compte, dans l'établissement des ascenseurs, de ce que ces appareils sont laissés, dans la plupart des immeubles privés, à la libre disposition de qui veut s'en servir; c'est là, pour un engin mécanique, une situation exceptionnelle, nécessitant des dispositions toutes spéciales contre les fausses manœuvres et contre les mouvements maladroits ou intempestifs. Chaque porte (ou grille) palière doit être munie d'une serrure de sûreté, empêchant de l'ouvrir tant que la cabine n'est pas à l'étage. En outre, des condamnations de manœuvre doivent être disposées à tous les étages; ces condamnations sont mécaniques ou électriques, selon le système de commande de l'ascenseur.

Les condamnations mécaniques répondent au programme suivant : rendre impossible la mise en mouvement de l'ascenseur si l'une quelconque des portes palières ne se trouve pas fermée. L'arrêt doit rester néanmoins toujours possible.

C'est en général aussi à ce même programme que se bornent à répondre les condamnations électriques, lorsque les arrêts sont obtenus par émission de courant. Pourtant, si l'on pare ainsi dans une large mesure aux risques de fausse manœuvre, on ne les exclut pas rigoureusement tous. Les commandes qui produisent l'arrêt par interruption de courant permettent, sans aucune complication spéciale, d'aller plus loin et de faire en sorte qu'il suffise de l'entre-bâillement de l'une des portes palières pour arrêter automatiquement tout mouvement de l'ascenseur dans un sens ou dans l'autre, même un mouvement commencé.

Une catégorie de dangers qui réclame des précautions attentives résulte simplement de ce que l'ascenseur constitue, pendant qu'il fonctionne, un mécanisme en mouvement. Il faut placer, partout où besoin est, des grillages protecteurs. D'autre part, il importe de garantir les voyageurs contre les risques qu'ils courraient en se penchant hors de la cabine, particulièrement pendant l'ascension.

Ces risques se trouveraient supprimés si le côté ouvert de la cabine défilait, sur toute la hauteur de sa course, au ras d'une paroi continue et lisse ou d'un ensemble de cloisons, de panneaux protecteurs et de portes palières *fermées* équivalant, pour la sécurité, à une paroi lisse et continue. A supposer qu'aucune porte palière ne se trouve jamais indûment ouverte, la condition est réalisable. Mais, dans l'hypothèse où la cabine se mettrait à monter ou continuerait de monter au droit d'une porte palière ouverte, le danger subsisterait et serait même d'autant plus grand que l'emplacement de la porte palière est nécessairement, dans cette disposition, surmonté immédiatement d'un linteau. Il convient donc de compléter la solution par une disposition excluant la possibilité d'un mouvement ascendant de la cabine au droit d'une porte palière ouverte. Les commandes électriques qui produisent les arrêts par ouverture d'un circuit permettent de réaliser cette condition.

Ces mêmes commandes fournissent aussi une solution différente, consistant à faire passer le circuit commandant la montée par des interrupteurs solidaires l'un du vantail droit, l'autre du vantail gauche de la porte de la cabine. De cette manière, non seulement on ne peut mettre l'ascenseur en montée sans avoir fermé ces vantaux, mais si, en cours d'ascension, le voyageur ouvrait l'un d'eux, la cabine stopperait aussitôt.

§ 4. — Physique

Expériences de MM. Curie et Laborde sur le Radium. — M. P. Curie, qui nous a habitués à attendre de lui toute une série de stupéfiantes découvertes se succédant à de courts intervalles, vient de constater, en collaboration avec M. A. Laborde, que les sels de radium dégagent de la chaleur d'une façon continue et en quantité extraordinairement considérable : un gramme de radium dégage environ cent petites calories par heure. Qui n'aperçoit dans ce fait étonnant, sur lequel la *Revue* aura soin de revenir, la promesse évidente d'un renouveau de la Thermodynamique et de la Chimie?

Nouvelles recherches sur la dilatation du quartz cristallisé ou amorphe. — La construction, pour l'Institut physico-technique de Charlottenbourg, d'un dilatomètre Fizeau entièrement en quartz a donné l'occasion de faire une détermination nouvelle de la dilatation de ce corps. L'échantillon étudié avait la forme d'un anneau, échancré de manière à dégager trois saillies sur chacune de ses faces, et servant de support au plan supérieur, constitué également par une lame de quartz.

L'axe de l'anneau étant parallèle à l'axe du cristal, c'est dans la direction de ce dernier que la dilatation a été mesurée, par des expériences faites à la température ambiante et aux deux températures données par l'ébullition de l'acétone et de l'eau.

L'auteur des mesures, M. Scheel, a déduit, des trois points ainsi obtenus, la dilatation moyenne suivante :

$$\alpha = (7,144 + 0,008156).10^{-6},$$

qui donne, pour une longueur égale à 1 mètre, les allongements indiqués ci-après, mis en regard de ceux qui résultent de la formule établie il y a une vingtaine d'années par M. Benoît :

	0 à 50°	0 à 100°
Benoît	378 μ 1	796 μ 2
Scheel	377 μ 6	795 μ 9

Comme on voit, la concordance des résultats est remarquable, montrant que, de part et d'autre, les expériences ont été excellemment conduites. Les mesures faites autrefois par Fizeau conduisent à des nombres peu différents, tandis qu'une détermination plus récente de M. Reimerdes donnerait un allongement total de 774 μ seulement entre 0° et 100°. Ce résultat doit donc être rejeté.

Les mesures de M. Scheel semblent avoir été faites dans des conditions très parfaites, et l'on peut seulement exprimer le regret de les voir limitées à trois températures, ce qui est juste suffisant pour le calcul d'une formule à deux termes, mais ne donne aucun contrôle direct de la précision des mesures.

On peut craindre aussi que, dans l'application, la fixité relative des deux plans de l'appareil augmente les difficultés du réglage des franges, et oblige à n'opérer que sur des échantillons d'une absolue perfection de forme.

De plus en plus, le quartz fondu attire l'attention des physiciens, grâce à ses remarquables propriétés élastiques, à la température très élevée qu'il supporte, à sa résistance aux changements brusques de la température. Sa dilatation vient aussi d'être étudiée à Charlottenbourg, par MM. Holborn et Henning, qui ont opéré, entre 0° et 1000°, sur une baguette de 52 centimètres que leur avait fournie la maison Heraeus.

La dilatation moyenne trouvée dans cet intervalle est égale à $0,54 \times 10^{-6}$, valeur peu différente de celle qu'ont indiquée M. H. Le Chatelier, M. Callendar et M. Chappuis.

Cette valeur est extrêmement faible, comparée à la

dilatation de la plupart des corps usuels : elle est environ douze fois moindre que celle du quartz cristallisé, dans le sens parallèle à l'axe, et plus de vingt fois moindre que dans le sens perpendiculaire. D'après MM. Holborn et Henning, elle serait régulière jusqu'à 1000°, tandis que, suivant M. H. Le Chatelier, elle présenterait un maximum vers 750°. La question reste donc ouverte.

Il demeure cependant le fait curieux de cette dilatation anormalement faible du quartz fondu, qui suffit à expliquer l'indifférence de ce corps vis-à-vis d'une chauffe brusque, indifférence telle qu'on peut introduire dans la flamme du chalumeau oxyhydrique une baguette de quartz sans qu'elle manifeste aucune tendance à éclater. La rupture, dans ce cas, étant due aux tensions exagérées produites par les dilatations locales, combinées avec la faible déformation à la rupture, on comprend aisément la différence très grande qui existe, à ce point de vue, entre le verre et le quartz amorphe.

Il est rare qu'un appareil fait avec un corps vitreux puisse se suffire à lui-même, sans aucun support métallique ou autre. Or, la très faible dilatation du quartz aurait pu devenir un obstacle à son emploi illimité si l'on ne possédait, dans la série des alliages du fer avec le nickel, les dilatations les plus diverses, depuis une valeur négative jusqu'à la dilatation du laiton. Les recherches de M. Guillaume sur ces alliages nous ont donc donné, par avance, le support métallique idéal des appareils en quartz fondu.

A beaucoup de personnes, une telle combinaison, dans un même appareil, de métal et de quartz, peut paraître si rare et si problématique que son seul intérêt résiderait dans l'idée qu'on peut effectivement la tenter. On ne paraît plus en être là aujourd'hui, ou, tout au moins, on n'y sera plus dans un avenir prochain.

Il y a très peu d'années, en effet, le quartz amené, par fusion, à l'état amorphe était encore d'un usage restreint, à cause de sa difficile fusion, et des embarras que l'on éprouve à agglomérer dans la flamme les morceaux de quartz cristallisé, qu'il est impossible d'empêcher d'éclater dès qu'on le chauffe vigoureusement; mais, aujourd'hui, la silice semble être devenue un produit industriel, appliquée aux instruments de laboratoire, si l'on en croit le cri d'alarme poussé récemment dans une lettre adressée à *Nature* par le Professeur Dewar, qui déplore de voir l'industrie des objets en quartz déjà très développée en Allemagne, alors qu'aucune usine anglaise n'est outillée pour les confectionner. M. Dewar regrette d'autant plus la création de cette industrie à l'Etranger que, d'après lui, le quartz fondu aurait été traité pour la première fois en Angleterre. L'allusion se rapporte sans doute aux très belles expériences de M. Boys sur les fils de quartz servant à suspendre des équipages légers, et dont il a tiré un remarquable parti. Cependant, avant lui, Gaudin, et plus tard M. Armand Gautier avaient fondu du quartz, et montré qu'il est maniable dans ce nouvel état. Cette rectification diminuera peut-être le regret exprimé par M. Dewar, mais on nous permettra d'autant plus de le manifester à notre tour.

Il existe en France assez de fours électriques insuffisamment occupés pour permettre de traiter, sans nouvelles installations, de grandes quantités de silice, qui, après avoir été fondue une première fois, pourrait être reprise et façonnée de toutes manières, mise en fils, en tubes, en ampoules de toutes formes, dont l'emploi se répandrait sans doute de plus en plus à mesure qu'on en connaîtrait mieux le maniement. On voit, dans cette application, le germe d'une industrie nouvelle qui, sans permettre peut-être d'espérer de très gros débouchés, semble néanmoins fort intéressante à suivre de près.

Souhaitons qu'elle tente une de ces grandes usines qu'un enthousiasme, sans doute, un peu prompt pour la fabrication du carbure de calcium a fait créer, il y a quelques années, sur plusieurs points de notre territoire et dont la production se ralentit de jour en jour.

Réactions des poudres hygrophiles au contact des solutions. — Au cours de ses recherches sur l'effet Pouillet (chaleur développée par les poudres qu'on mouille), M. T. Martini a eu l'occasion d'étudier un intéressant phénomène signalé, il y a quelques années, par M. Lagergrén. Ce dernier savant, en versant au sein d'une solution saline une substance réduite en poudre, avait observé une absorption, soit positive (auquel cas la concentration diminuait, comme si la poudre avait absorbé une portion du corps dissous), soit négative, manifestée par un accroissement de la concentration. Pour expliquer ces phénomènes, M. Lagergrén s'était basé sur le fait déjà connu que la solubilité des sels varie avec la pression : en effet, les couches liquides adhérentes aux grains de poudre, subissant, en raison de l'adhérence, une forte compression par rapport à celles qui se trouvent en dehors de la sphère d'action de cette force, doivent donner lieu à une diffusion du sel vers les couches non comprimées dans les cas où la solubilité diminue avec un accroissement de la pression, tandis qu'un mouvement inverse s'établit toutes les fois que la solubilité varie en raison directe de la pression.

Or, les expériences récemment exécutées par M. Martini[1] ne militent point en faveur de cette ingénieuse hypothèse. Tandis que M. Lagergrén expérimentait sur le charbon animal et le kaolin, l'auteur a étudié l'anhydride silicique et les charbons animal et végétal. Ces recherches démontrent qu'une même poudre, versée dans la solution d'un même sel, peut donner lieu à une absorption soit positive, soit négative, suivant le degré de concentration du liquide. M. Martini observe cette même interversion du signe sur deux solutions d'une même substance de concentration identique, dans l'une desquelles on a versé la silice, dans l'autre le charbon animal. Or, comme les expériences de l'auteur font voir, d'autre part, que ces deux substances se comportent d'une manière analogue quant aux phénomènes de l'humectation, ces faits infirment l'hypothèse de M. Lagergrén.

M. Martini, étendant ses recherches aux mélanges alcooliques et aux acides dilués, observe, dans tous les cas étudiés, une absorption positive, c'est-à-dire que la silice aussi bien que le charbon animal attirent l'eau que renferment les solutions. Il faut pourtant que ces poudres soient bien sèches; car, dans le cas contraire, l'on peut observer un appauvrissement de la solution ; pour un certain degré d'humidité de la poudre, il y a même un point neutre où celle-ci ne cède ni n'absorbe d'eau, ce qui prouve qu'une portion d'eau est fixée d'une façon bien stable par ces poudres dites *hygrophiles*. D'accord avec les vues de M. Van Bemmelen, l'auteur fait observer que, dans des cas pareils, il paraît difficile d'établir une différence entre l'union physique et l'union chimique, ou bien entre l'hydratation et l'hygroscopicité.

Comme les charbons animal et végétal produisent les mêmes effets que la silice, quand on les mouille d'eau, il paraît que l'union avec l'eau est plutôt physique que chimique, ou que, tout au moins, ces phénomènes se trouvent aux confins de la Physique et de la Chimie. L'auteur suggère l'hypothèse qu'on aurait affaire, dans les phénomènes d'humectation d'une poudre hygrophile, à une espèce de *solution intervertie*, où la poudre joue le rôle de dissolvant et le liquide celui de corps soluble. Ce dernier passerait alors, dans les interstices de la poudre, à l'état solide ou à un état voisin. Et, puisque bien des faits constatés dans ces derniers temps font voir la continuité qui existe entre les états dits physiques de la matière, il peut très bien arriver que ce ne soient que les couches les plus intimes de l'eau qui prennent la chaleur spécifique de la glace ; et que celle-ci aille en croissant vers les couches les plus externes, qui conservent leur fluidité et où la chaleur spécifique prendrait la valeur 1.

[1] *Nuovo Cimento*, numéro de novembre 1902.

C'est ainsi que le refroidissement qui se manifeste dans la solution directe ferait pendant au réchauffement observé dans cette espèce de solution intervertie, et que s'expliquerait aussi le phénomène de la plus grande concentration d'une solution acide ou saline, ou d'un mélange alcoolique, mis en contact avec une substance hygrophile, parce que, une partie de l'eau se solidifiant, une portion de la substance dissoute devrait s'en séparer.

§ 5. — Électricité industrielle

Transport électrique de l'énergie des combustibles. — On parle depuis longtemps de la transformation de la puissance calorifique des combustibles en énergie électrique à la mine même. Le Professeur Perry, notamment, en Angleterre, a montré l'économie énorme qui serait réalisée si la centaine de millions de tonnes de charbon, annuellement transmise dans la Grande-Bretagne, était utilisée sur place, et n'encombrait plus les chemins de fer et les canaux. Nos lecteurs se souviennent sans doute qu'un projet analogue a récemment été formulé pour l'utilisation des immenses tourbières d'Irlande. En Allemagne, l'idée a reçu déjà une première application. On trouve dans les environs de Badorf du lignite, dont l'exploitation n'avait guère donné jusqu'ici de résultats favorables. Comme tous les combustibles pauvres, il était grevé de frais de transport trop considérables pour pouvoir soutenir la concurrence des charbons de la Saar ou de la Ruhr. Le propriétaire de la mine de Berggeist a eu l'idée de joindre à son exploitation celle d'une usine centrale d'électricité qui fournit la lumière et la force motrice à la région avoisinante. Le lignite est déversé directement des bennes dans les chargeurs automatiques d'une série de chaudières. Le courant produit est triphasé à 5.700 volts. La canalisation s'étend sur plus de 80 kilomètres. La puissance installée est déjà de 2.700 chevaux.

Emploi de la soupape électrique Cooper-Hewitt comme transmetteur de télégraphie sans fil. — On sait que les transmetteurs de télégraphie sans fil employés jusqu'à ce jour font tous usage d'éclateurs de Hertz, d'un réglage difficile et d'une régularité imparfaite, en raison de l'altération des boules. De plus, ils sont d'un mauvais rendement, et ne permettent pas d'atteindre une fréquence aussi considérable que la soupape Cooper-Hewitt.

Le rendement de la soupape serait, au contraire, très élevé, étant donnée la perte de 14 volts seulement et l'emploi possible de tensions aussi élevées qu'on le désire. L'adaptation se ferait simplement par l'insertion d'un transformateur élévateur de tension entre le réseau d'alimentation et la soupape. Au secondaire de ce transformateur serait insérée la soupape, en parallèle avec un condensateur. La tension secondaire du transformateur peut varier de 10.000 à 20.000 volts. La fréquence peut être réglée à la valeur voulue, en agissant, bien entendu, sur la vitesse du courant primaire ou sur le condensateur en parallèle avec la soupape.

Il paraît que la soupape Cooper-Hewitt a déjà donné d'excellents résultats dans ces conditions.

Locomotive à 2.400 volts à courant continu de la Mure. — On sait que l'Etat exploite dans l'Isère la ligne de Saint-Georges de Commiers à La Mure, d'une longueur de 30 kilomètres environ. Il a fait appel à l'électricité pour la remorque des trains de cette ligne, et plusieurs modes de traction ont été considérés. Aucun ne paraît avoir encore été adopté définitivement, mais l'Etat paraît s'être arrêté, pour les essais, à la traction par courant continu à haute tension.

Etant données, en effet, la longueur de la ligne et les nécessités économiques, la tension de distribution de la voiture ne sera pas inférieure à 2.400 volts; mais, grâce à l'expédient d'un système à trois fils, 2 conducteurs isolés et la voie de roulement comme fil neutre, — la tension entre la terre et chacun des conducteurs ne dépassera pas 1.200 volts.

La locomotive d'essais doit avoir une puissance de 500 chevaux, répartie entre 4 moteurs de 25 chevaux sous 600 volts : ces moteurs sont montés en série et réglés rhéostatiquement. Le point neutre de la série des 4 moteurs est en communication constante avec le rail, et les pôles extrêmes du groupement sont reliés aux conducteurs à 2.400 volts par l'intermédiaire de deux prises de courant par archets. Le châssis et la caisse ont été établis par la *Société de construction de Saint-Denis*, et la locomotive est actuellement en montage aux ateliers de Sécheron, de la *Société de l'Industrie électrique de Genève*, où l'on espère la soumettre aux essais d'ici à peu de temps.

Les trains, du poids de 100 tonnes, non compris la locomotive, seront remorqués à des vitesses voisines de 20 à 25 kilomètres à l'heure. La ligne a des déclivités qui atteignent environ 3 °/o, et des courbes dont le rayon minimum est de 100 mètres environ. Le gabarit de la voie est de 1 mètre, et, par conséquent, l'espace consacré aux moteurs est très réduit. La transmission se fait par double réduction d'engrenages. Les trains, dont le poids peut atteindre jusqu'à 300 tonnes sur la pente, sont freinés électriquement par les moteurs fonctionnant comme génératrices sur des résistances, et les voitures sont, de plus, munies du frein continu à vide.

Il sera intéressant de suivre les essais de cette locomotive et d'en faire connaître les résultats et les détails.

§ 6. — Métallurgie

L'électrométallurgie de l'acier. — Les applications de l'électricité à l'électrothermie tendent à prendre un très grand développement au voisinage des chutes d'eau permettant la production économique de l'énergie électrique. A ce développement et à l'abaissement même du prix de revient de l'énergie, concourent plusieurs circonstances très importantes, notamment la nature même du service exigé de l'électricité pour les usages électrothermiques, service qui n'a rien des exigences ni des irrégularités capricieuses, en quelque sorte, des emplois de l'électricité à l'éclairage et à la force motrice.

En effet, l'éclairage laisse inutilisés, une grande partie du jour, un matériel et un personnel d'usine, qui sont soumis le soir, au contraire, aux surcharges et au surmenage les plus défavorables à leur bonne utilisation.

La traction et la force motrice ont encore des exigences plus néfastes, puisque, d'un moment à l'autre du service et instantanément, la charge peut passer d'une valeur faible à une valeur très élevée par des concordances de surcharges ou de démarrages qu'il est impossible de prévoir et d'éviter.

Dans l'électrothermie, au contraire, et en général dans les applications de l'électricité à l'électrochimie, on peut éviter tout imprévu dans les variations de la charge et on peut la maintenir constante en maintenant en service continu tous les fours.

Deux industries prendront leur très grande part de profit au développement général que nous venons de signaler : l'industrie de l'utilisation des chutes d'eau, qu'on a eu le tort peut-être de développer un peu aveuglément sans s'assurer des débouchés suffisants; et l'industrie de l'électrométallurgie, qui est relativement de date récente, et qui a fait l'objet de nombreux brevets et de quelques installations intéressantes.

On produit électriquement l'acier par plusieurs procédés, que nous aurons sans doute l'occasion d'examiner plus tard :

Dans le procédé Keller-Leleux, utilisé dans une usine du Morbihan qui emprunte son énergie à la rivière le Blavet, la fonte est traitée dans une sorte de haut-

fourneau électrique, composé de deux fours Keller : un four supérieur avec les électrodes verticales; et, au-dessous du trou de coulée de ce four, un second four pour l'affinage.

On obtient un acier de bonne qualité par la dépense de 2.800 kilovolts-ampères par tonne du produit, et la tonne d'acier revient de 90 à 100 francs, non compris les redevances payées pour les brevets.

L'énergie est fournie par quatre turbines verticales de 135 chevaux, commandant deux alternateurs de 200 kilowats, dont la particularité est de pouvoir, grâce à la disposition de leurs enroulements, donner trois tensions différentes.

Le haut fourneau électrique, composé des deux fours signalés plus haut, absorbe environ 375 chevaux.

D'autres procédés sont en ce moment même en essais; nous tiendrons le lecteur au courant des intéressantes applications qui en seront faites.

§ 7. — Chimie biologique

Le dédoublement diastasique des matières grasses. — Des recherches intéressant à la fois la science et l'industrie viennent d'être publiées par trois chimistes de la Société par actions des « Vereinigten chemischen Werke », dont le laboratoire d'études est à Charlottenbourg, près de Berlin.

Reprenant les expériences de Müntz, de Green et de Sigmund sur les transformations des matières grasses pendant la germination, MM. Connstein, Hoyer et Wartenberg[1] ont établi la présence, dans les graines de diverses plantes et notamment du ricin, d'une diastase particulière, capable de déterminer presque quantitativement la séparation des matières grasses en glycérine et en acides gras.

Quand on broie des graines de ricin avec de l'eau et qu'on abandonne le mélange à lui-même dans une étuve modérément chauffée, on observe après vingt-quatre heures l'apparition d'une certaine quantité d'acides gras. Green et Sigmund ont admis que la réaction est limitée, les acides apparus empêchant l'action ultérieure de la diastase.

D'après les nouveaux chercheurs, il n'en serait rien, au contraire. En laissant le mélange plus longtemps à l'étuve, la réaction se poursuit, d'abord très lentement, il est vrai; mais, à partir d'un certain moment, l'acidification croît dans des proportions énormes, le dédoublement progresse comme d'un bond. On trouve, par exemple :

	ACIDE RICINOLÉIQUE
Au début de l'expérience	3 %
Après 1 jour	5
— 2 jours	58
— 3 —	85
— 4 —	95

Ce phénomène serait dû à ce qu'un intense dédoublement de la matière grasse ne peut avoir lieu qu'en présence d'une quantité suffisante d'un acide. En ajoutant, dès le début de l'expérience, une dose convenable d'acide acétique ou même sulfurique, le dédoublement de la matière grasse devient extrêmement rapide.

Les graines de ricin renferment une quantité de diastase susceptible de dédoubler un poids d'une matière grasse quelconque, beaucoup plus grand que celui qu'on y trouve à l'état normal. Quand elles ont été pressées, pour en extraire l'huile, il reste un tourteau sans valeur marchande, mais qui renferme toute la diastase. Les auteurs proposent d'utiliser ce tourteau pour dédoubler industriellement les corps gras.

Il y a là une application qui peut devenir extrêmement intéressante; aussi les auteurs ont eu soin de s'assurer, par la demande d'un brevet, le bénéfice possible de leur découverte.

La question du dédoublement des matières grasses a pris, en effet, dans ces dernières années, une importance croissante à cause du prix de plus en plus élevé de la glycérine, substance qui est produite en quantité insuffisante par l'industrie des bougies.

Le dédoublement diastasique permettra, s'il entre véritablement dans la pratique, de déglycériner non seulement les matières grasses qui servent à fabriquer les bougies, mais encore toutes celles qu'on utilise pour la confection des savons. En outre, les acides gras préparés, non plus à haute température et à l'aide de réactifs violents, mais entre 15 et 40° et sous l'influence d'une solution concentrée de diastase, seront, pour ainsi dire, incolores et inodores et, par suite, d'une plus grande valeur. Quand on voudra les transformer en savons, il suffira de les saturer par des carbonates alcalins au lieu des alcalis caustiques, beaucoup plus chers. Enfin, l'installation sera elle-même simplifiée, les bacs remplaçant les chaudières et les autoclaves à haute pression.

Reste à savoir s'il sera possible de guider le dédoublement diastasique de masses volumineuses, pouvant atteindre plusieurs dizaines de tonnes, sans avoir à lutter, par exemple, contre des fermentations microbiennes dangereuses pour le résultat de l'opération.

Dans les meilleures circonstances indiquées par les auteurs, il a fallu plusieurs jours pour obtenir un dédoublement complet, et, d'autre part, il est impossible de se servir d'antiseptique, la diastase saponifiante étant si sensible que le chloroforme suffit déjà à entraver son action.

Néanmoins, il convient d'attendre, avant de pousser plus loin la critique de ce nouveau procédé industriel, que les auteurs aient donné d'autres détails. Souhaitons, en attendant, le succès à leur entreprise comme à toute application rationnelle des processus puissants et économiques que la Nature met à notre disposition.

Gabriel Bertrand,
Chef de Service à l'Institut Pasteur.

Sur la présence d'une zymase alcoolique dans les tissus animaux et végétaux. — On sait, grâce aux recherches de Buchner, d'Albert et autres, que la fermentation alcoolique des sucres, en présence des levures, résulte de l'activité d'une diastase, la zymase alcoolique, sécrétée par les levures, diastase dont on peut démontrer la présence dans le jus de levure obtenu en soumettant à une pression de 400 à 500 atmosphères la levure préalablement détruite par un vigoureux broyage.

Cette même diastase alcoolique a été trouvée par MM. Stoklasa et Cerny dans les tissus des végétaux supérieurs. Ces végétaux vivant anaérobiquement fabriquent de l'alcool et de l'acide carbonique aux dépens de leurs réserves hydrocarbonées : il s'agit là d'une véritable fermentation alcoolique, car les proportions d'alcool et d'acide carbonique sont les mêmes que dans la fermentation alcoolique typique. Or, en préparant du suc de plantes par broyage des tissus végétaux et par écrasement sous une pression de 300 atmosphères, on a pu, avec ce suc débarrassé de tout élément figuré, provoquer la fermentation alcoolique de jus sucrés.

Dans une Note qu'ils viennent de publier dans le *Centralblatt für Physiologie*, MM. Stoklasa et Cerny étendent leurs recherches aux tissus animaux. En immergeant dans une solution aseptique de glucose des fragments de tissus animaux recueillis aseptiquement, et en conservant le mélange dans une atmosphère d'hydrogène, ils ont pu manifester une fermentation alcoolique très nette. Un fragment de cœur de chien, représentant 21 grammes de substance sèche, étant plongé dans 500 centimètres cubes d'une solution de glucose à 5 %, on put recueillir en dix jours 1 gr. 966 d'acide carbonique et 2 gr. 090 d'alcool, le mélange n'ayant à aucun moment cessé d'être stérile.

[1] *Berichte d. d. chemisch. Gesellsch.*, t. XXXV, p. 3988-4006.

MM. Stoklasa et Cerny ont pu démontrer que cette fermentation alcoolique est due à l'action d'une zymase. A cet effet, ils ont opéré sur de la viande fraîche, qu'ils ont finement hachée et soumise à l'action d'une presse hydraulique exerçant 400 atmosphères. Le suc ainsi obtenu, ne contenant pas de cellules, était précipité par un mélange d'alcool et d'éther, et le précipité, lavé à l'éther, était desséché dans le vide, puis réduit en une poudre fine. En ajoutant une certaine quantité de cette poudre à une solution de glucose à 5 °/₀ maintenue à 37°, on en provoque instantanément la fermentation alcoolique. En dissolvant cette poudre dans l'eau et en filtrant cette liqueur sur porcelaine poreuse, on obtient un liquide qui, ajouté à une solution de glucose à 37°, en provoque instantanément la fermentation. Les produits engendrés sont l'alcool et l'acide carbonique, et les proportions sont celles qu'ils présentent dans la fermentation par la levure de bière. On peut donc assimiler la zymase extraite de la chair à la zymase de la levure.

Les auteurs de cet intéressant travail ont pu extraire cette même zymase du tissu pulmonaire du bœuf, etc.

Il résulte de ces faits que la zymase alcoolique n'est pas exclusivement engendrée par la levure et par les ferments alcooliques, mais par nombre de tissus végétaux et animaux, peut-être par tous les tissus vivants. Cette zymase joue-t-elle un rôle dans les phénomènes normaux de la vie? MM. Stoklasa et Cerny l'admettent : ils supposent que, dans les portions de la cellule soustraites à l'action de l'oxygène, les réserves hydrocarbonées sont transformées par la zymase en acide carbonique et en alcool, et que ce dernier ne subit la combustion qu'au contact de l'oxygène dans les régions cellulaires pénétrées par ce gaz. Ce ne sont là, bien entendu, que des hypothèses, dont les faits actuellement mis en lumière par ces auteurs ne permettent pas de juger la valeur.

§ 8. — Biologie

Sur les formes des corps vivants. — Dans une Note précédente[1], j'ai donné un aperçu concernant les formes extérieures des êtres vivants et, plus spécialement, de celles du corps humain.

Cette stupéfiante reproduction de la silhouette d'un membre quelconque par celle d'un autre membre quelconque fait bien ressortir la perfection et l'harmonie extraordinaires que présentent toutes les formes d'un être vivant.

Mais il est fort probable qu'il y a là autre chose qu'une simple question d'esthétique, et l'on doit y trouver un but plus élevé et d'une portée plus utilitaire.

Il est permis de se demander si cette conformation ne serait pas de nature à assurer la conservation et, peut-être même, la *transformation* et l'édification progressives, à travers les siècles, de la structure finale des êtres vivants, par la tendance constante vers des formes de plus en plus appropriées aux fonctions si multiples que ces êtres auront à accomplir.

En fait, le corps porte sur lui-même son propre moule, fractionné en une infinité de morceaux; sur toutes les parties quelconques de ce corps, on trouve les étampes ou les matrices reproduisant les formes exactes d'autres parties quelconques aussi, en sorte que l'on pourrait se demander si, en passant et en repassant sans cesse ses membres les uns sur les autres, de toutes les manières imaginables, mais naturelles, un homme ne se sculpterait pas ou ne se façonnerait pas lui-même, et cela avec cette circonstance si favorable qu'il le ferait au moyen d'outils offrant, à mesure, les empreintes appropriées en chaque point et susceptibles, elles aussi, de se corriger et de se perfectionner à la longue par simple réciprocité.

Que fait, en effet, l'homme dès sa naissance? On le voit d'abord s'agiter en tous sens en faisant porter ses membres les uns sur les autres; plus tard, soumis aux intempéries des saisons, il cherche à se sécher ou à se réchauffer en se frottant de toutes les façons; bientôt se manifestent les besoins de propreté; c'est encore par frictions prolongées et sur toutes les parties, qu'il parvient à se nettoyer; il se débat contre la morsure des insectes, en apaise la douleur par des mouvements énergiques; même durant le sommeil, ses membres s'engrènent la plupart du temps les uns dans les autres et ainsi, sa vie durant, il utilise sans relâche et partout toutes les parties de son corps, lesquelles, à chaque mouvement, font office de moule ou de contre-moule.

Suivez des yeux votre voisin se frottant les mains tandis que son esprit est ailleurs, ou faites vous-même les gestes nécessaires en laissant agir librement vos mains; vous verrez qu'elles se moulent exactement et alternativement l'une dans l'autre dans toutes les positions successives et, de même, pour tout le reste du corps. C'est la mise et la remise perpétuelle de l'objet à produire ou à transformer dans les matrices des formes qu'il possède déjà, qu'il doit perfectionner ou qu'il doit acquérir pour ses besoins futurs.

Lors même que, pour la durée moyenne de la vie d'un homme, une semblable action ne produirait qu'un résultat insignifiant et échappant même à nos moyens de mesure, oserait-on affirmer que, à la suite des siècles et des siècles et par atavisme, cette action ne soit pas devenue importante et n'ait pas largement contribué à amener les formes au point où nous les voyons aujourd'hui?

Quoi qu'il en soit, on ne saurait nier que cette perpétuelle remise en forme de tous les membres ne soit une protection des plus efficaces contre les déformations de toute nature et sans cesse provoquées par d'innombrables causes extérieures que chacun aperçoit de suite, sans qu'il soit nécessaire d'y insister autrement.

Ch. Weyher,
Ingénieur civil.

[1] *Revue gén. des Sciences*, n° 5, 15 mars 1903.

§ 9. — Géographie et Colonisation

La culture du coton dans l'Afrique occidentale française. — M. Ch. Van Cassel, qui, avec le botaniste Chevalier, a fait partie, en 1898, de la Mission de Trentinian, vient de faire, à la *Société de Géographie de Paris*, une intéressante communication sur la culture du coton dans l'Afrique occidentale française. C'est là une question de premier ordre pour l'industrie de la métropole et l'avenir économique de certaines de nos colonies.

Actuellement les Etats-Unis produisent les trois quarts de la consommation cotonnière mondiale : environ 10.500.000 balles de 200 kilogrammes sur 14 millions. La *Revue*, dans son numéro du 30 janvier 1903, a montré que, pour échapper à cette dépendance qui pourrait devenir préjudiciable aux intérêts de la main-d'œuvre et du consommateur européen, l'Angleterre et l'Allemagne ont formé des assocations pour rechercher dans leurs colonies des terres propres à la culture du coton. Déjà ces nations ont créé des établissements dans la Gambie, la Côte-d'Or, la Nigeria, le Togo et le Cameroun, dont le but est d'étudier le développement et le perfectionnement de la culture du cotonnier.

La France, plus encore que l'Angleterre, se trouve à la merci des producteurs américains. C'est ainsi qu'en 1902, sur les 255 millions de francs de coton que nous importions, nos colonies en fournissaient pour 10.000 francs! Nous avons cependant une colonie qui produit du coton, c'est le Cambodge; mais la plus grande partie de cette production, environ 35 millions de kilogrammes par an, est exportée au Japon. Cultivé sur des terres que le Mékong inonde annuellement, le coton du Cambodge est de toute première qualité. On cultive aussi un coton de qualité plus ordinaire, mais au moins égale à celle du coton de l'Inde, dans le nord de l'Indo-Chine, particulièrement dans la province de Thanhoa (Annam). Depuis plusieurs années,

des essais sont faits en vue de l'amélioration et du développement de cette culture qui alimente déjà partiellement les filatures locales.

On conçoit donc que l'on ait pensé, afin d'alimenter les 5 millions de broches de notre industrie cotonnière (les Etats-Unis en ont 21 millions et l'Angleterre 46 millions), à rechercher les régions de nos colonies qui seraient aptes à devenir des pays de production cotonnière. C'est pourquoi il vient de se fonder en France, dans le même but d'intérêt général que la *British Cotton Grewing Association* en Angleterre, une *Association cotonnière coloniale*, sous la présidence de M. Esnaut-Pelterie, président du Syndicat général de l'industrie cotonnière française. Cette Société, à laquelle ont adhéré les principales maisons de filature et de tissage des Vosges, de Normandie, de Roubaix et de Roanne, entend rester en dehors de toute idée spéculative et exercer principalement son action par des subventions aux colons, et l'envoi dans les colonies d'agents chargés de faire des études et de tenter des expériences.

L'article 2 des statuts porte que l'Association a pour but :

« 1° L'étude et le développement de la culture du coton dans les colonies françaises sous toutes ses formes;

« 2° De favoriser l'achat et l'emploi par l'industrie française du coton récolté dans ses colonies ».

L'article 3 développe ce programme : « L'Association cotonnière coloniale exercera son action principalement par des enquêtes et des missions, des réunions et des conférences, la voie de la presse et les publications de livres ou de brochures, l'envoi de délégations aux pouvoirs publics et aux administrations pour assurer le triomphe des solutions les plus conformes au développement de l'œuvre et aux intérêts français. Elle pourra également subventionner des essais de culture dans nos colonies; tenter elle-même des expériences; provoquer l'emploi du coton colonial en France ».

Ces textes pourraient laisser croire que l'Association va d'abord s'occuper de propagande, et accessoirement d'essais de culture. Cette méthode qui consisterait à parler au lieu d'agir serait bien *française*. Pourtant, lors de sa première réunion, cette Association a bien marqué sa volonté de ne pas tomber dans nos défauts habituels, car elle a décidé de faire dès maintenant la démonstration que la culture du coton peut être rémunératrice dans nos colonies. Elle va commencer par l'Afrique occidentale, et, dès le mois de mai prochain, des essais seront entrepris au Soudan; elle continuera ensuite par le Congo et Madagascar.

M. Van Cassel a montré qu'il est tout à fait judicieux de faire porter les premières recherches sur le Sénégal et le Soudan. On sait, en effet, que la culture du coton a des exigences particulières : il lui faut une assez grande humidité pendant la croissance de la plante, puis un temps sec au moment de la maturité. S'il pleut sur les gousses, elles pourrissent; ce qui peut être la cause, comme cela s'est vu aux Etats-Unis, de véritables désastres. C'est, sans doute, pour cette raison que des essais faits en certains points de la côte africaine où il pleut presque continuellement, ont échoué. On sait aussi que c'est dans les pays d'irrigation, comme l'Egypte et le Turkestan, où l'on peut régler l'humidité comme on veut et où l'on est sûr de récolter par un temps sec, que les récoltes sont les plus régulières et les plus belles. Or, il semble que la vallée du Sénégal et surtout celle du Niger, particulièrement entre Bamako et Goundam, présentent des conditions de terrain et de climat favorables à la culture du coton. Il y a là d'immenses étendues que M. Chevalier estime à 4 millions d'hectares, qui seraient susceptibles d'une culture cotonnière intensive.

D'ailleurs, le coton croît spontanément dans ces régions, et les indigènes en tissent des étoffes pour leur usage. Faisant l'historique de la question, le conférencier a cité le rapport du botaniste voyageur Adanson, en 1763, puis les essais couronnés de succès de Richard qui, en 1822, créa le jardin de Richardtoll sur le Bas-Sénégal; enfin, il a rappelé les encourageantes initiatives des généraux Faidherbe et de Trentinian. Tous ces faits montrent que la culture du coton est chose possible dans ces régions.

Mais aucun des cotons indigènes n'a les qualités exigées par les usines européennes. Les soies, qui ont de 20 à 25 millimètres de longueur, sont trop courtes; il leur faudrait de 25 à 35 millimètres. Il est nécessaire aussi que la graine se sépare facilement de la soie, sinon les fils se cassent au cours de l'égrenage. Les cotons à longue soie qui ont été introduits en Afrique occidentale française n'ont pas donné jusqu'ici de bons résultats, ou du moins ils dégénèrent rapidement dès qu'ils sont abandonnés à eux-mêmes et à leur reproduction naturelle. Pourtant, d'après M. Enfantin[1], les semis de cotonniers à longue soie qui ont été essayés en 1898 au jardin de Richardtoll, avec des semences provenant du Muséum d'histoire naturelle de Paris, ont donné de bons résultats et le rendement a été bien supérieur en quantité et en qualité au rendement des espèces indigènes. Jusqu'ici, en Afrique occidentale, les variétés égyptiennes cultivées semblent donner de meilleurs résultats que les cotons américains. D'ailleurs, l'Association cotonnière va entreprendre des expériences parallèles avec les graines d'Egypte et de la Louisiane. Les cotons obtenus seront ensuite travaillés par les usines de Normandie et des Vosges, et c'est alors seulement que des conclusions solides seront posées et que des cultures pourront être tentées dans les régions que désigneront ces expériences.

Il n'est pas douteux, d'autre part, que le prochain achèvement du chemin de fer Kayes-Bamako, qui reliera le Niger au Sénégal, n'aide au succès de cette tentative. Le transport d'une tonne de coton pressé du Niger au Havre ne coûtera plus que 110 à 120 francs. On peut aussi espérer que le prix de vente de ce coton s'élèvera avec la qualité, laquelle dépend surtout de la culture et des sélections judicieusement conduites. Son prix actuel, qui est de 80 francs les 100 kilogs malgré les défauts de la soie, pourra s'élever à 100 francs. Or, d'après les estimations les plus modérées, dit M. Van Cassel, un coton vendu au Havre au prix moyen de 1 franc le kilog, laissera aux producteurs indigènes ou aux colons un bénéfice suffisamment rémunérateur.

Le succès de cette tentative aurait certainement de grandes conséquences : d'abord, pour notre industrie cotonnière, qui ne serait plus à la merci de l'Etranger; puis, pour nos colonies africaines, que la culture du coton pourrait enrichir; enfin, pour notre marine marchande, qui trouverait entre les colonies et la métropole un frêt considérable.

Si, comme on peut l'espérer, les résultats des expériences faites sur deux ou trois points bien choisis, sont heureux, il suffira de les publier, et la propagande se fera toute seule. Quand il y a des bénéfices certains à faire dans un pays, il serait vraiment sans exemple que les hommes, blancs ou noirs, n'y vinssent pas.

E. Caustier,
Agrégé de l'Université.

§ 10. — Enseignement et Universités

Le nouveau doyen de la Faculté des Sciences de Paris. — M. Darboux, récemment élu membre du Bureau des Longitudes, a résigné ses fonctions de doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. La Faculté vient de lui donner pour successeur un mathématicien également illustre, M. Paul Appell, membre de l'Académie des Sciences de Paris.

[1] Enfantin : Les cultures du Sénégal et l'organisation de l'Afrique occidentale française. *Bull. de la Soc. nat. d'Acclim. de France*, 1900, p. 351.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE[1]

V. — LES FONDEMENTS DE LA THERMODYNAMIQUE

I. — La Physique de la Qualité.

Tenter de réduire à la figure et au mouvement toutes les propriétés des corps semble une entreprise chimérique, soit parce qu'une telle réduction serait obtenue au prix de complications qui effraient l'imagination, soit même parce qu'elle serait en contradiction avec la nature des choses matérielles.

Nous voici donc obligés de recevoir en notre Physique autre chose que les éléments purement quantitatifs dont traite le géomètre, d'admettre que la matière a des *qualités*; au risque de nous entendre reprocher le retour aux *vertus occultes*, nous sommes contraints de regarder comme une qualité première et irréductible ce par quoi un corps est chaud, ou éclairé, ou électrisé, ou aimanté; en un mot, renonçant aux tentatives sans cesse renouvelées depuis Descartes, il nous faut rattacher nos théories aux notions les plus essentielles de la Physique péripatéticienne.

Ce retour en arrière ne va-t-il pas compromettre tout le corps de doctrine élevé par les physiciens depuis qu'ils ont secoué le joug de l'École? Les méthodes les plus fécondes de la Science moderne ne vont-elles pas tomber en désuétude?

Convaincus que tout, dans la nature corporelle, se réduit à la figure et au mouvement tels que les conçoivent les géomètres, que tout y est purement quantitatif, les physiciens avaient introduit partout la mesure et le nombre; toute propriété des corps était devenue une grandeur; toute loi, une formule algébrique; toute théorie, un enchaînement de théorèmes. Admirable de précision, de rigueur, de majestueuse unité, la Physique était la « Mathématique universelle » rêvée par Descartes. Cette forme parfaite, à la fois si commode et si belle, nous la faudra-t-il briser? Devrons-nous repousser le secours merveilleusement puissant que l'emploi des symboles numériques fournissait à nos déductions? Nous résignerons-nous aux discours vagues, aux querelles confuses et enténébrées qui constituaient la science de la Nature avant que les savants ne fissent usage du langage algébrique? Affronterons-nous derechef les sarcasmes qui ont discrédité la Cosmologie de l'École? A un pareil recul, nul physicien ne consentirait.

Un tel sacrifice n'est point nécessaire. L'abandon des explications mécaniques n'a nullement pour conséquence l'abandon de la Physique mathématique.

Le nombre, on le sait de reste, peut servir à représenter les divers états d'une grandeur qui est susceptible d'addition; le passage de la grandeur au nombre qui la représente constitue proprement la *mesure*. Mais le nombre peut aussi servir à repérer les intensités diverses d'une qualité. Cette extension de la notion de mesure, cet emploi du nombre comme symbole d'une chose qui n'est pas quantitative, eût sans doute étonné et scandalisé les péripatéticiens de l'Antiquité. Là est le progrès le plus certain, la conquête la plus durable que nous devions aux physiciens du XVIIe siècle et à leurs continuateurs; en leur tentative pour substituer partout la quantité à la qualité, ils ont échoué; mais leurs efforts n'ont pas été vains, car ils ont établi cette vérité, d'un prix inestimable : *Il est possible de discourir des qualités physiques dans le langage de l'Algèbre.*

Un exemple nous montrera comment s'effectue ce passage de la qualité au nombre.

La sensation de chaleur que nous éprouvons en touchant les diverses parties d'un corps nous fait percevoir une qualité de ce corps; c'est ce que nous exprimons en disant que ce corps est chaud. Deux corps différents peuvent être également chauds; ils possèdent avec une même intensité la qualité considérée. De deux corps, l'un peut être plus chaud que l'autre; le premier possède la qualité considérée avec plus d'intensité que le second.

Sans creuser plus avant la nature de la qualité qu'exprime l'adjectif *chaud*, sans tenter surtout de la résoudre en éléments quantitatifs, nous pouvons fort bien concevoir qu'on fasse correspondre un nombre à chacun de ses états, à chacune de ses intensités; que deux corps également chauds soient caractérisés par le même nombre; que, de deux corps inégalement chauds, le plus chaud soit caractérisé par le plus grand nombre; les nombres ainsi choisis seront des *degrés de température*.

Ces simples indications nous montrent déjà comment, au lieu de discourir du *chaud* en langage ordinaire, on pourra appliquer aux *degrés de température* les symboles de l'Algèbre; au lieu de dire qu'un corps est aussi chaud, plus chaud ou moins chaud qu'un autre, on écrira que le degré de température de celui-là est égal, supérieur ou inférieur au degré de température de celui-ci.

[1] Voyez les quatre premières parties de cette étude dans la *Revue* des 30 janvier 1903, p. 63, 15 février p. 119, 28 février, p. 171, et 15 mars, p. 247.

On comprend dès maintenant qu'une théorie où il sera traité du *chaud* pourra se présenter non plus sous la forme d'un exposé philosophique, à la manière de ces dissertations scolastiques où la confusion et l'obscurité se glissaient si aisément, mais sous la forme d'une suite d'équations ou d'inégalités algébriques, offrant le plus haut degré de clarté et de précision que puisse atteindre l'esprit humain.

Il ne suffit pas que l'emploi des signes de l'Algèbre nous permette de traiter du chaud avec clarté et précision, mais d'une manière abstraite et générale; il faut encore que nous assurions le passage de nos propositions abstraites et générales aux vérités concrètes et particulières, que nous puissions comparer les conséquences de nos théories aux données de l'expérience; car le contrôle des faits constitue, pour une théorie physique, l'unique criterium de la vérité.

Ce passage de l'abstrait au concret, du général au particulier serait impossible si nous savions seulement qu'à chaque intensité de chaleur d'un corps on peut faire correspondre un degré de température et que ce degré s'élève lorsque cette intensité croît. Il faut encore qu'une règle pratique nous fournisse la valeur numérique du degré de température d'un corps effectivement donné, qu'un certain *instrument*, mis en rapport d'une manière déterminée avec le corps dont nous voulons connaître le degré de température, nous marque ce degré. Les formules mathématiques où figure la lettre T, symbole de la température, ne prennent un sens physique que par le choix d'un *thermomètre*.

L'emploi du thermomètre choisi est soumis à certaines règles, assujetti à certaines conditions; il exige, par exemple, que la température du corps en expérience soit uniforme, qu'elle demeure constante pendant un certain temps, qu'elle ne soit ni trop haute, ni trop basse. Les indications d'un thermomètre, si parfait qu'on le suppose, ne sont pas exactes, mais approchées; à deux intensités de chaleur différentes, mais trop voisines, cet instrument ne fait pas correspondre deux indications discernables; à une intensité de chaleur donnée, il ne fait pas correspondre un degré de température unique, mais tous les degrés de température que comprennent entre elles deux certaines limites dont l'intervalle échappe à nos moyens d'observation.

On ne pourra donc pas, à l'aide du thermomètre, comparer à l'expérience toutes les conséquences de la théorie, mais seulement certaines d'entre elles; ainsi, celles qui ont trait à des températures variables d'un point à l'autre ou d'un instant à l'autre, celles qui concernent des corps trop chauds ou trop froids demeureront sans contrôle direct. Dans les cas mêmes où la comparaison sera possible, elle n'aura pas une absolue rigueur; son exactitude sera limitée et dépendra du degré de précision du thermomètre. Néanmoins, cet instrument permettra de passer des propositions abstraites et générales que formule la théorie aux jugements concrets et particuliers que fournit l'expérience; ce passage sera possible dans des cas d'autant plus étendus que l'on aura rendu plus larges les conditions où l'emploi du thermomètre est légitime; ce passage se fera avec d'autant plus de sûreté que le thermomètre sera plus précis. Par la définition et l'emploi d'un instrument, la théorie prend un sens physique; elle devient vérifiable et utilisable.

Ce que nous venons de dire touchant la qualité qui consiste à *être chaud* et touchant sa représentation symbolique par un nombre, le *degré de température*, peut se répéter, *mutatis mutandis*, de toutes les qualités qui sollicitent l'attention du physicien : de l'électrisation, de l'aimantation, de la polarisation diélectrique, de l'éclairement[1]. L'analyse des faits d'expérience nous amène à concevoir la notion abstraite d'une qualité plus ou moins intense; à cette qualité, nous faisons correspondre un symbole numérique dont la valeur est d'autant plus grande que la qualité est plus intense; cette correspondance, dont la possibilité est affirmée d'une manière entièrement générale, se trouve pratiquement assurée, dans des cas étendus, par l'emploi d'un instrument; cet instrument détermine approximativement la valeur numérique du symbole qui correspond à une qualité donnée en fait. Faute d'un *procédé de mesure*, la définition de la grandeur physique qui symbolise une qualité serait incomplète et dénuée de sens; seul ce procédé assure le passage de la formule algébrique, générale et abstraite par laquelle s'exprime une loi de Physique théorique, au fait qualitatif, particulier et concret auquel on veut appliquer cette loi.

Ces principes ont été, il y a un demi-siècle déjà, esquissés par Rankine[2] en quelques pages trop peu connues; ils mettent à nu la véritable structure de cette science étrange qu'est la Physique, *science expérimentale des qualités corporelles* et, cependant, *science qui se développe en une suite de calculs algébriques*.

Les géomètres de la Renaissance scientifique ne reprochaient pas seulement à la Physique de l'École son manque de précision, qu'eût évité l'emploi du langage algébrique; ils lui reprochaient aussi et

[1] Au sujet de la représentation de la qualité que signifient les mots *être éclairé* au moyen de symboles mathématiques propres à édifier une théorie de la lumière, nous renverrons le lecteur à nos *Fragments d'un cours d'Optique* (*Ann. de la Soc. Scient. de Bruxelles*, tt. XVIII, XIX et XX, 1894-1896).

[2] J. Macquorn Rankine : Outlines of the Science of Energetics (*Glasgow Philosophical Society Proceedings*, vol. III, n° 6, 2 mai 1855; *Miscellaneous Scientific Papers*, p. 209).

surtout de créer autant de vertus occultes, de formes substantielles, de sympathies et d'antipathies qu'il se rencontrait de par le monde d'effets à expliquer; ils l'accusaient ainsi de dégénérer en un verbiage dont la forme boursouflée excitait la vanité des pédants et l'admiration des sots, mais dont le fond, creux et vide, ne fournissait aucun aliment à la curiosité des esprits justes et réfléchis. Ce reproche, il ne faut pas que la Physique nouvelle le puisse mériter.

La Physique réduira donc la théorie des phénomènes que présente la Nature inanimée à la considération d'un certain nombre de qualités; mais ce nombre, elle cherchera à le rendre aussi petit que possible. Chaque fois qu'un effet nouveau se présentera, elle tentera de toutes manières de le ramener aux qualités déjà définies; c'est seulement après avoir reconnu l'impossibilité de cette réduction qu'elle se résignera à admettre dans ses théories une qualité nouvelle, à introduire dans ses équations une nouvelle espèce de variables. Ainsi, le chimiste qui découvre un corps nouveau s'efforce de le décomposer en quelques-uns des éléments déjà connus; c'est seulement lorsqu'il a épuisé en vain tous les moyens d'analyse dont disposent les laboratoires qu'il se décide à ajouter un nom à la liste des corps simples.

Le nom de *simple* n'est pas donné à une substance chimique en vertu d'un raisonnement métaphysique prouvant qu'elle est indécomposable par nature; il lui est donné en vertu d'un fait, parce qu'elle a résisté à tous les essais de décomposition. Cette épithète est un aveu d'impuissance; elle n'a rien de définitif ni d'irrévocable; un corps, simple aujourd'hui, cessera de l'être demain si quelque chimiste, plus heureux que ses devanciers, parvient à le dissocier; la potasse et la soude, corps simples pour Lavoisier, furent corps composés à partir des travaux de Davy. Ainsi en est-il des qualités premières que nous admettons en Physique. En les nommant *premières*, nous ne préjugeons pas qu'elles soient irréductibles par nature; nous avouons simplement que nous ne savons pas les réduire à des qualités plus simples; mais cette réduction, que nous ne pouvons effectuer aujourd'hui, sera peut-être demain un fait accompli. L'*éclairement*, par exemple, se présente au début de l'Optique comme une qualité première; le jour, prochain peut-être, où la théorie électromagnétique de la lumière triomphera définitivement, l'éclairement sera ramené aux changements rapides d'une autre qualité, de la polarisation diélectrique; il perdra son rang de qualité première.

Le nombre des qualités premières reçues en Physique doit être aussi faible que le comportent nos connaissances actuelles, comme le nombre des corps simples admis en Chimie est le plus petit possible, étant donnés nos moyens d'analyse. Ce dernier nombre n'en dépasse pas moins quatre-vingts, et il s'accroît sans cesse par la découverte de nouveaux éléments. On ne devra donc pas s'étonner si la liste des qualités premières est longue et si les trouvailles incessantes des physiciens l'allongent de temps à autre par l'appoint d'une qualité nouvelle.

Les théories de la Physique mécanique se posaient en explications du monde matériel; sous les apparences et les qualités que nous révèle l'expérience, elles prétendaient disséquer la structure intime des corps et mettre à nu la raison dernière de leurs propriétés. Il va de soi que la Physique nouvelle ne saurait avoir semblables prétentions. Lorsqu'elle range une certaine propriété au nombre des qualités premières, elle fait acte de modestie; elle ne prétend pas expliquer, elle avoue son impuissance à expliquer. En substituant un symbole numérique à une qualité révélée par l'expérience, elle n'ajoute pas un enseignement nouveau aux enseignements de l'expérience; de même, en exprimant une idée, le langage n'enrichit pas le contenu de cette idée; les calculs auxquels on pourra soumettre le degré de température ne nous apprendront, touchant la nature intime de la qualité représentée par ce degré, rien que ne nous enseigne l'étude attentive de nos sensations ou des données de l'observation. La Physique mathématique nouvelle ne se pique pas de pénétrer, dans la connaissance des qualités corporelles, au-dessous de ce que nous révèle l'analyse des faits d'expérience; bref, elle est une *Physique*; elle n'est pas une *Philosophie de la Nature*, une *Cosmologie*, une branche de la *Métaphysique*.

Si la Physique théorique renonce à donner une explication du monde matériel, quels seront donc son rôle et son objet? Les formules qu'elle substitue aux lois expérimentales exprimeront ces lois d'une manière extrêmement précise et détaillée; les indications des instruments permettront, dans chaque cas particulier, de remplacer les lettres qui figurent dans une telle formule par les valeurs numériques qui conviennent aux propriétés des corps concrets étudiés; cette substitution effectuée, l'application de la loi générale au cas particulier se fera avec une rigueur et une minutie que limite seulement le degré d'exactitude des instruments; enfin, ces formules seront comme condensées en un petit nombre de principes très généraux, d'où on les pourra tirer par les déductions de l'Analyse et les calculs de l'Algèbre; l'ordre logique dans lequel seront alors classées nos connaissances de Physique en fera un système d'un usage aisé et sûr; il permettra au physicien de trouver rapidement,

sans erreur et sans omission, toutes les lois dont dépend la solution d'un problème donné.

Nos sens perçoivent seulement la surface des choses; cette surface recouvre un fond qui, sans doute, nous demeurera toujours inconnu ; que, probablement, nous ne pourrions comprendre si quelque intelligence supérieure voulait nous le révéler, ni exprimer si, l'ayant compris, nous voulions le faire connaître à nos semblables; enfin, qui nous serait peut-être inutilisable si nous le concevions, car nos moyens d'action, coordonnés à nos moyens de connaître, ne nous permettent pas plus de modifier l'essence des corps que de la comprendre. Ce fond des choses, la Physique nouvelle n'aura plus pour objet de nous le découvrir; son but sera plus modeste et, en même temps, plus pratique. Ce but sera d'aider notre activité à s'emparer du monde de la matière, à le modifier, à l'asservir à nos besoins; il consistera à rendre plus robustes ou plus délicats les outils par lesquels nous pouvons façonner les corps, à diversifier ces outils afin que chacun d'eux soit mieux adapté à son objet, enfin à les classer méthodiquement, afin que la main du physicien saisisse à chaque instant, sans tâtonnement et sans délai, celui qui convient à sa tâche.

II. — De la comparaison entre la Théorie et l'Expérience, et de la Modification virtuelle.

Trois domaines distincts sont simultanément présents à l'esprit du physicien.

Le premier est le *domaine des faits d'expérience;* ces faits, produits dans le monde extérieur, sont constatés par les sens du physicien; sa faculté de généraliser et d'induire en reconnaît les lois.

Le second est le *domaine de la théorie*; c'est un ensemble de grandeurs et de symboles dont les propriétés algébriques ont été définies et qui se trouvent engagées dans un système de propositions et de formules logiquement déduites d'un petit nombre de postulats fondamentaux.

Le domaine de la théorie a pour objet d'offrir une description symbolique, un *schéma* aussi étendu, aussi complet et aussi détaillé que possible, du domaine des faits d'expérience. Pour que la théorie ne soit pas un langage dénué de sens, un pur jeu de formules, il faut qu'une clé fasse correspondre le symbole à la réalité, le signe à la chose signifiée; il faut que l'on puisse traduire les formules théoriques en faits d'expérience. L'étude de cette clé ressortit au troisième domaine dont la connaissance s'impose au physicien, au *domaine des instruments et des procédés de mesure.*

Sur les rapports de ces trois domaines, que de remarques importantes seraient à faire[1]! Nous n'en indiquerons qu'un petit nombre, choisissant celles qui sont essentielles à l'intelligence de la nouvelle Mécanique.

Ces remarques concernent des lois qui président au développement d'une théorie exacte.

Les matériaux avec lesquels cette théorie se construit sont, d'un côté, les symboles mathématiques qui lui servent à représenter les diverses quantités et les diverses qualités du monde physique; de l'autre côté, les postulats généraux qui lui servent de principes. Avec ces matériaux, elle doit se constituer en édifice logique; elle est donc tenue de respecter scrupuleusement les lois que la Logique impose à tout raisonnement déductif, les règles que l'Algèbre prescrit à toute opération mathématique.

Les symboles mathématiques dont use la théorie n'ont de sens que dans des conditions bien déterminées; définir ces symboles, c'est énumérer ces conditions. Hors de ces conditions, jamais la théorie ne fera usage de ces signes. Ainsi, par définition, une température absolue ne peut être que positive, la masse d'un corps est invariable; jamais, dans ses formules, elle ne donnera à la température absolue une valeur nulle ou négative; jamais, dans ses calculs, elle ne fera varier la masse d'un corps déterminé.

La théorie a pour principes des *postulats*, c'est-à-dire des propositions qu'il lui est loisible d'énoncer comme il lui plaît, pourvu qu'il n'y ait contradiction ni entre les termes d'une même proposition, ni entre deux propositions distinctes. Mais, une fois ces postulats posés, elle est tenue de les garder avec une jalouse rigueur. Si, par exemple, elle a mis le principe de la conservation de l'énergie à la base de ses raisonnements, elle doit s'interdire toute affirmation en désaccord avec ce principe.

Ces règles s'imposent de tout leur poids à une théorie physique qui se construit; un seul manquement la rendrait absurde et nous contraindrait de la rejeter; mais elles s'imposent seules. Au cours de son développement, *une théorie physique est libre de choisir la voie qui lui plaît, pourvu qu'elle évite toute contradiction logique*; *en particulier, elle n'a à tenir aucun compte des faits d'expérience.*

Il n'en est plus de même lorsque la théorie a atteint son entier développement. Lorsque l'édifice est parvenu au faîte, il devient nécessaire de comparer à l'ensemble des faits d'expérience l'ensemble des propositions obtenues comme conclusions

[1] P. Duhem : Quelques réflexions au sujet de la Physique expérimentale (*Revue des Questions scientifiques*, 2e série, t. III; 1894).

de ces longues déductions; il faut s'assurer, moyennant l'emploi des procédés de mesure adoptés, que le premier ensemble trouve dans le second une image suffisamment ressemblante, un symbole suffisamment précis et complet. Si cet accord entre les conclusions de la théorie et les faits d'expérience ne se manifestait pas avec une approximation satisfaisante, la théorie pourrait bien être logiquement construite; elle n'en devrait pas moins être rejetée parce qu'elle serait contredite par l'observation, parce qu'elle serait *physiquement* fausse.

Cette comparaison entre les conclusions de la théorie et les faits d'expérience est donc indispensable, puisque, seul, le contrôle de l'observation peut donner à la théorie une valeur physique; mais ce contrôle doit frapper exclusivement les conclusions de la théorie, car, seules, elles prétendent être une image de la réalité; les postulats qui servent de point de départ à la théorie, les intermédiaires par lesquels on passe des postulats aux conclusions n'ont pas à lui être soumis.

Lors donc qu'au cours des déductions par lesquelles la théorie se déroule, on soumet à des opérations algébriques et à des calculs les grandeurs sur lesquelles porte la théorie, on n'a pas à se demander si ces opérations, si ces calculs *ont un sens physique*; pour parler plus explicitement, on n'a pas à se demander si l'emploi des procédés de mesure permettrait de les traduire en langage concret et si, ainsi traduits, ils correspondraient à des faits réels ou possibles. Se poser une semblable question serait concevoir une notion tout à fait erronée de la structure d'une théorie physique.

Nous touchons ici à un principe si essentiel et, en même temps, si délié à apercevoir qu'on nous permettra d'insister et d'expliquer notre pensée par un exemple.

M. J. Willard Gibbs a étudié théoriquement la dissociation d'un composé gazeux parfait en ses éléments, regardés également comme des gaz parfaits. Une formule a été obtenue, qui exprime la loi de l'équilibre chimique au sein d'un tel système. Je me propose de discuter cette formule. Dans ce but, laissant invariable la pression que supporte le mélange gazeux, je considère la température absolue qui figure dans la formule et je la fais varier de 0 à $+\infty$.

Si, à cette opération mathématique, on veut attribuer un sens physique, on verra se dresser en foule les objections et les difficultés. Aucun thermomètre ne peut faire connaître les températures inférieures à une certaine limite, aucun ne peut déterminer les températures suffisamment élevées; ce symbole que nous nommons *température absolue* ne peut, par les procédés de mesure dont nous disposons, être traduit en quelque chose qui ait un sens concret, à moins que sa valeur numérique ne demeure comprise entre un certain minimum et un certain maximum. D'ailleurs, aux températures suffisamment basses, ce symbole que la Thermodynamique nomme un *gaz parfait* n'est plus l'image, même approchée, d'aucun gaz réel.

Ces difficultés, et bien d'autres qu'il serait trop long d'énumérer, s'évanouissent si l'on prend garde aux remarques que nous avons formulées. Dans la construction de la théorie, la discussion dont nous venons de parler n'est qu'un intermédiaire; il n'est point juste de lui chercher un sens physique. C'est seulement lorsque cette discussion nous aura conduit à une série de propositions que nous aurons à soumettre ces propositions au contrôle des faits; alors nous examinerons si, entre les limites où la température absolue peut se traduire en indications thermométriques concrètes, où l'idée de gaz parfait est à peu près réalisée par les fluides que nous observons, les conclusions de notre discussion s'accordent avec les résultats des expériences.

Ces principes mettent en plein jour une notion qui jouera un rôle essentiel dans tout le développement de la Physique théorique, la notion de *modification virtuelle*.

Dans le schéma mathématique par lequel la Physique théorique se propose de figurer la réalité, le système matériel que l'on veut étudier est représenté par tout un cortège de grandeurs mathématiques qui en mesurent les divers éléments quantitatifs ou qui en repèrent les diverses qualités. Parmi ces grandeurs, il en est que leur définition même rend incapables d'aucune variation; ainsi, la masse d'un corps déterminé, la charge électrique d'un conducteur isolé ne sauraient varier. D'autres, au contraire, sont susceptibles de changer de valeur. Il en est dont les variations ne sont soumises à aucune restriction qui découle de leur définition; ainsi, sans contredire à la définition de l'intensité d'aimantation en un point d'un milieu magnétique, on peut attribuer à cette intensité toute grandeur et toute direction. Il en est aussi dont la capacité de varier est restreinte par certaines *conditions de liaison* qui découlent de leur définition même. Ces conditions peuvent être des inégalités : au sein d'une masse d'eau susceptible de se congeler, mais qui ne contient aucun fragment de glace, la masse de glace peut croître, mais elle ne peut diminuer. Ces conditions peuvent aussi être des égalités : dans un système qui renferme du carbonate de calcium, de la chaux et du gaz carbonique, il y a un rapport invariable entre la masse de chaux et la masse de gaz carbonique qui peuvent apparaître simultanément ou disparaître simultanément.

Imprimer aux grandeurs variables qui caractérisent l'état d'un système des changements infiniment petits permis par les conditions de liaison, c'est imposer au système matériel une modification virtuelle.

C'est donc produire une modification virtuelle que de changer infiniment peu la position des corps mobiles, la figure des corps déformables; mais c'est aussi produire une modification virtuelle que d'abaisser ou d'élever infiniment peu la température, de changer, dans une proportion infiniment petite, la grandeur et la direction de l'aimantation en chaque point d'une masse de fer, de modifier infiniment peu la distribution électrique sur un corps conducteur, de fondre une masse de glace élémentaire, de congeler, de vaporiser un élément de masse d'eau, de faire subir à un composé une dissociation infiniment petite, de produire la combinaison de quantités infiniment petites de deux corps.

L'emploi de ces modifications virtuelles est un artifice de raisonnement, un procédé de calcul; il est donc inutile qu'une modification virtuelle ait un sens physique. Je prends, sous une pression donnée et à une température donnée, un mélange d'oxygène, d'hydrogène et de vapeur d'eau. Par ces mêmes mots, je puis entendre deux choses bien distinctes : Je puis entendre, en premier lieu, un mélange concret de trois fluides réels, enfermé dans un certain récipient de verre ou de porcelaine, en relation avec un manomètre sorti des vitrines du laboratoire, chauffé par des becs de gaz ou par un fourneau à réverbère. Je puis entendre, en second lieu, un système schématique de symboles et de grandeurs, figure du système concret ; en ce système schématique, l'oxygène, l'hydrogène, la vapeur d'eau ne sont plus des fluides incolores, inodores, contenus dans un récipient, mais des groupes de lettres O, H, H^2O, accompagnés d'un cortège de nombres qui représentent leurs poids moléculaires, leurs masses, leurs densités, la température du système, la pression qu'il supporte, etc. Peut-être qu'au sein du système concret, pris dans les conditions expérimentales que figurent certaines valeurs de la température, de la pression, certaine composition du mélange gazeux, l'eau est indécomposable par tous les moyens connus; je n'en ai pas moins le droit, au sein du système schématique, de faire décroître la valeur numérique de la masse attribuée au symbole H^2O et de faire croître en proportion les valeurs numériques des masses attribuées aux symboles H et O; l'opération n'a aucun sens physique ; mais elle ne contredit pas aux notions abstraites des symboles H, O, H^2O, aux définitions des diverses grandeurs qui les caractérisent; elle constitue une modification virtuelle.

III. — Équilibre et Mouvement.

La notion de modification virtuelle était à la base de la Mécanique de Lagrange comme elle est à la base de la nouvelle Mécanique, mais combien plus générale en celle-ci qu'en celle-là ! Les seuls changements virtuels que connût la Mécanique de Lagrange étaient les changements de figure et de position des diverses parties du système; bien d'autres changements sont considérés par la Mécanique nouvelle

Une extension égale à celle qu'a prise la notion de modification virtuelle affecte la notion de modification réelle ou, comme nous dirons désormais, de *mouvement.*

Le seul mouvement que connût l'ancienne Mécanique était le mouvement par lequel un corps occupe des lieux différents à des instants différents, le *mouvement local*, pour parler comme les philosophes péripatéticiens. La nouvelle Mécanique ne va pas se borner à étudier le mouvement local; elle étudiera aussi d'autres sortes de mouvements dont la variété rendra à l'idée de mouvement la vaste extension que lui reconnaissait Aristote[1].

Sans doute, elle traitera du mouvement local, des changements de lieu et de figure. Mais elle traitera aussi des changements par lesquels les diverses qualités d'un corps augmentent ou diminuent d'intensité, par lesquels un corps s'échauffe ou se refroidit, s'aimante ou se désaimante. Elle traitera également de ces changements d'état physique par lesquels tout un ensemble de propriétés qualitatives ou quantitatives est anéanti pour faire place à un autre ensemble de propriétés toutes différentes; telles la fusion de la glace, la vaporisation de l'eau, la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge. Ces changements seront, pour elle, des mouvements; la Scolastique les aurait nommés *mouvements d'altération.*

L'examen de tels mouvements n'emplira pas encore tout le domaine que la Mécanique nouvelle prétend soumettre à ses lois; elle entend aussi traiter des changements où un ensemble de substances disparait pour laisser apparaître un autre ensemble de substances, de ces changements que les Péripatéticiens auraient considérés comme des *corruptions* et des *générations* et que nous nommons aujourd'hui des *réactions chimiques.* La Mécanique nouvelle ne se contente pas d'être une *Mécanique physique*, elle est encore une *Mécanique chimique.*

L'extension prise par l'idée de mouvement

[1] Voir : *L'Évolution de la Mécanique* : I. Les diverses sortes d'explications mécaniques; chap. 1. La mécanique péripatéticienne. (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, n° 2, 30 janvier 1903.)

nécessite une égale extension de son contraire, l'idée d'*équilibre*. Un système en équilibre ne sera plus seulement un système qui n'éprouve aucun changement de configuration ni de position; ce sera encore un système dont les diverses parties ne s'échauffent ni ne se refroidissent, sur lequel les distributions électrique et magnétique demeurent invariables, qui n'éprouve ni fusion, ni congélation, ni vaporisation, au sein duquel ne se produit aucune réaction chimique. Aussi parlera-t-on non seulement de l'équilibre de configuration, mais encore des équilibres thermique, électrique, magnétique, chimique. La notion d'équilibre ainsi généralisée sera l'objet de la *Statique* nouvelle.

De cette Mécanique, qui est l'étude de l'équilibre et du mouvement entendus au sens si large d'Aristote, nous avons défini l'esprit et délimité le champ; à grands traits, nous allons en décrire le développement.

IV. — La conservation de l'Energie.

La nouvelle Mécanique est ordonnée, non pas à la contemplation spéculative et métaphysique de l'essence des choses, mais à la nécessité pratique d'agir sur les corps du monde extérieur et de les modifier selon nos besoins. Ce caractère s'affirme tout d'abord en la méthode qu'elle suit pour poser son premier principe, le *Principe de la Conservation de l'Énergie*.

Au sein d'un système matériel, nous pouvons, par nos efforts, produire une certaine modification ou aider à cette modification; nous pouvons déplacer un corps, le lancer avec une certaine vitesse, le déformer, le briser, le broyer; en le frottant, nous pouvons l'échauffer ou l'électriser. Nous pouvons, au contraire, employer nos efforts à mettre obstacle à la transformation que subit un système; nous pouvons arrêter un corps en mouvement, le ralentir, l'empêcher de se déformer. Nous disons alors que nous avons fait un certain ouvrage, *accompli une certaine œuvre*. Les intermédiaires psychiques et physiologiques par lesquels les efforts de notre activité ont produit une modification dans le monde extérieur demeurent plus ou moins cachés à notre intelligence, mais l'effet qu'ont produit ces efforts est clairement perçu par nos sens.

L'expérience de chaque jour nous apprend qu'à notre action personnelle nous pouvons substituer un corps ou un assemblage de corps capable de produire ou d'aider la modification que nous produisons ou que nous aidons, d'entraver la modification que nous entravons. Ainsi, au cours des siècles, l'homme a substitué à son action, d'abord l'action de ses semblables, puis celle des animaux, puis celle de machines inanimées de plus en plus complexes. Au lieu de broyer lui-même le grain avec un pilon au fond d'un mortier, il a fait tourner la meule par des esclaves, puis par des animaux; ensuite, il a employé le moulin à vent ou à eau. Au lieu de hisser un fardeau à force de bras, il a attelé des bœufs à une corde enroulée sur un moufle, puis employé la grue à vapeur ou la grue hydraulique. Au lieu de lancer un projectile à la main, il a utilisé la tension d'une corde, puis l'explosion de la poudre.

L'objet premier de la Mécanique est précisément de connaître quels sont les divers corps qui peuvent être substitués à notre activité personnelle pour favoriser ou pour gêner une modification, quelles sont les machines qui peuvent remplacer les ouvriers pour l'exécution d'un certain ouvrage. L'œuvre que nous aurions dû accomplir si nous avions agi nous-même sur le système qui se transforme, nous la regardons comme accomplie par le corps ou par l'ensemble de corps que nous avons substitué à nous-même ou à nos semblables.

Cette notion d'œuvre accomplie par les corps étrangers à un système pendant que ce système subit une certaine modification, nous la transportons même au cas où la modification subie par le système est d'une nature telle que notre action personnelle ne pourrait ni l'aider, ni l'entraver — telle une réaction chimique. L'œuvre accomplie par ces corps étrangers est censée représenter l'œuvre qu'accomplirait un opérateur constitué autrement que nous et capable d'apporter à la transformation du système l'aide ou l'entrave qu'apportent les corps étrangers.

En résumé, quand un système matériel se transforme en présence de corps étrangers, nous considérons ces corps étrangers comme contribuant à cette transformation, soit en la provoquant, soit en l'aidant, soit en l'entravant; c'est cette contribution que nous nommons l'*œuvre accomplie pendant une modification d'un système par les corps étrangers à ce système*.

Quelle est la nature de cette contribution et comment s'accomplit-elle? Problème difficile, dont la solution claire semble bien dépasser les bornes de la raison humaine. Mais ce problème de la *communication des substances* est objet de Métaphysique, non de Physique. La Physique ne tente point de l'élucider; plus modeste, elle s'efforce seulement de créer une expression mathématique propre à servir de symbole à cette contribution, à cette *œuvre;* et cette expression, elle la veut construire avec des éléments tirés de l'effet que produit cette action des corps extérieurs, car, si la nature de l'action est obscure, l'effet en est clair et saisissable à l'observation.

Pour construire ce symbole mathématique de l'œuvre que les corps étrangers à un système accomplissent en une modification de ce système, on n'usera pas de raisonnements ; quels principes leur serviraient de majeures? On se laissera guider par ce qu'on peut, au sens étymologique du mot, appeler des *inductions*; on marquera les caractères qu'il est le plus naturel d'attribuer à cette idée d'œuvre et l'on cherchera à imprimer au symbole mathématique des caractères analogues. Sans suivre le détail[1] de ces inductions, marquons-en les étapes essentielles.

On est conduit, tout d'abord, à représenter l'œuvre que les corps étrangers à un système accomplissent en une modification de ce système par l'accroissement que subit, en cette modification, une certaine grandeur absolument indépendante de la nature des corps étrangers; cette grandeur, c'est l'*Energie totale* du système.

L'énergie totale dépend de deux sortes d'éléments, toutes deux, bien entendu, propres au système qui se transforme et sans aucun lien avec les corps étrangers qui influent sur la transformation.

Les éléments qui figurent en premier lieu dans l'énergie totale, ce sont les nombres qui mesurent ou qui repèrent les propriétés quantitatives ou qualitatives du système; l'ensemble de ces nombres définit ce que l'on nomme l'*état* du système.

Les éléments qui figurent en second lieu dans l'énergie totale sont représentés par la grandeur et la direction de la vitesse qui anime chaque point du système par suite de son mouvement local; ces éléments-là déterminent le *mouvement local* du système à l'instant considéré.

Une supposition très simple partage en deux termes l'œuvre accomplie au cours d'une modification; l'un de ces termes dépend du changement apporté à l'état du système; il ne dépend ni du mouvement local, ni du changement qu'éprouve ce mouvement; l'autre terme dépend du mouvement local et de son changement, mais point de l'état du système, ni de ses variations. Dès lors, l'énergie totale se partage, elle aussi, en deux termes: l'un ne dépend que de l'état du système et point de son mouvement local; l'autre ne dépend que du mouvement local et point de l'état. Le premier terme devrait justement se nommer *énergie d'état*; on le nomme *énergie interne* ou *énergie potentielle*. Le second terme se nomme *énergie cinétique* ou *énergie actuelle*.

En chacun des chapitres de la Physique, on détermine par des hypothèses particulières la forme qu'il convient d'attribuer à l'énergie interne des systèmes étudiés en ce chapitre; la forme de l'énergie cinétique, au contraire, est susceptible d'une détermination générale.

Tout d'abord, il est aisé de voir quelle est la somme des énergies cinétiques de chacun des éléments matériels infiniment petits en lesquels le système peut être censé partagé; et cette remarque en simplifie singulièrement la détermination.

Prenons deux éléments matériels différents et, à partir du repos, lançons-les avec une même vitesse; nous accomplissons, en général, deux œuvres différentes; il est naturel de penser que le rapport de ces deux œuvres est indépendant de la commune vitesse imprimée aux deux éléments; ce rapport, qui dépend seulement de la nature de ces deux éléments, se nomme le rapport des *masses* des deux éléments. La masse d'un élément matériel est donc proportionnelle à l'œuvre qu'il faut accomplir pour le lancer avec une vitesse déterminée.

La notion de masse se trouvant ainsi introduite sous une forme très naturelle, on voit que l'énergie cinétique d'un élément est le produit de la masse de cet élément par une fonction de sa vitesse, *cette fonction étant la même pour tous les éléments matériels concevables*. La détermination de cette fonction achèvera de rendre explicite l'expression de l'énergie cinétique.

On pourrait tenter — ce serait l'hypothèse la plus obvie — de prendre cette fonction simplement proportionnelle à la vitesse; cette tentative conduirait à construire une Mécanique qui, dans ses traits essentiels, reproduirait la Dynamique cartésienne. L'échec mémorable de cette Dynamique nous avertit de ne point nous engager dans cette voie. Il est naturel alors de reprendre l'idée de Leibniz et de regarder la fonction inconnue comme proportionnelle au carré de la vitesse. L'énergie cinétique, entièrement déterminée, devient identique à ce que l'ancienne Mécanique nommait *force vive*.

Prenons maintenant un système *isolé*; il n'existe aucun corps étranger à ce système; partant, en toute modification de ce système, l'œuvre accomplie par les corps étrangers est nulle; en d'autres termes, *en toute modification d'un système isolé, l'énergie totale de ce système garde une valeur invariable*. Nous voici en possession du premier principe de la nouvelle Mécanique, du *Principe de la conservation de l'Énergie*.

L'énoncé de ce principe choque ceux qui veulent voir dans les axiomes de la Mécanique des lois expérimentales généralisées, qui veulent attribuer un sens physique aux premiers postulats; car, dans la Nature, il n'existe aucun système isolé.

[1] Le lecteur pourra, s'il le désire, trouver ce détail dans notre *Commentaire aux principes de la Thermodynamique*, 1re partie, chapitre II (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. VIII; 1892).

Pour nous, semblable objection n'a rien qui nous embarrasse; nous savons que les principes de la Physique théorique sont simplement des règles par lesquelles nous imposons une forme déterminée au schème mathématique que nous voulons construire; il n'est point nécessaire que ces postulats aient un sens physique; seules, leurs dernières conséquences doivent s'accorder avec les faits. Or, tant que nous n'essayons aucune comparaison avec le monde extérieur, tant que nous demeurons dans le domaine du schème mathématique abstrait, nous concevons parfaitement qu'un système contienne tous les corps étudiés, qu'il n'en existe aucun en dehors de lui, qu'il soit isolé dans l'espace pur.

V. — Le Travail et la Quantité de chaleur.

Toutefois, pour que notre schème mathématique ne demeure pas stérile, il nous faut l'étendre et ne le point limiter à la considération d'un système isolé dans l'espace.

Si nous prenons, d'une part, le système matériel dont nous voulons étudier les modifications, d'autre part, tous les corps dont la présence ne nous semble pas indifférente à ces modifications, nous pouvons traiter l'ensemble de ces deux systèmes indépendants l'un de l'autre comme composant un seul système isolé dans l'espace; à ce système isolé, nous pouvons appliquer le principe de la conservation de l'énergie.

La force vive de ce système complexe est la somme des forces vives des deux systèmes indépendants qui le composent; mais l'énergie interne du système complexe n'est pas égale à la somme des énergies internes qu'auraient les deux systèmes indépendants si chacun d'eux était isolé dans l'espace; elle est égale à cette somme augmentée d'un terme que l'on peut nommer l'*énergie mutuelle des deux systèmes*.

L'existence de cette énergie mutuelle signifie que les propriétés de chacun de ces deux systèmes, mis en présence de l'autre, ne sont pas les mêmes que si ce système existait seul sous le même état; que la présence de chacun d'eux n'est pas indifférente à l'autre.

Cette énergie mutuelle dépend de l'état et de la position du premier système, c'est-à-dire des variables indépendantes α, β, ... qui déterminent cet état et cette position; elle dépend aussi de l'état et de la position du second système, c'est-à-dire des variables indépendantes α', β',... qui déterminent cet état et cette position.

Imaginons qu'une modification *virtuelle* vienne affecter l'ensemble de nos deux systèmes, imposant aux variables α, β, ... des variations infiniment petites $\delta\alpha$, $\delta\beta$, ... et aux variables α', β', ... des variations infiniment petites $\delta\alpha'$, $\delta\beta'$, ... L'énergie mutuelle des deux systèmes subit une diminution qui se trouve être la somme de deux termes; le premier de ces termes est de la forme $A\delta\alpha + B\delta\beta + \ldots$; le second est de la forme $A'\delta\alpha' + B'\delta\beta' + \ldots$; les grandeurs A, B..., A', B', ... dépendent de l'état de nos deux systèmes et de leur position mutuelle.

La somme $A\delta\alpha + B\delta\beta + \ldots$ est ce que nous nommons le *travail virtuel des actions exercées par les corps extérieurs sur le système étudié*; de même, la somme $A'\delta\alpha' + B'\delta\beta' + \ldots$ est le travail virtuel des actions que le système étudié exerce sur les corps extérieurs.

Arrêtons-nous un instant à ces notions qui joueront, dans le développement de la nouvelle Mécanique, un rôle capital.

Les systèmes dont traitait l'ancienne Mécanique sont entièrement définis par leur forme et leur position; les variables qui déterminent l'état de semblables systèmes sont exclusivement géométriques. A de semblables systèmes, appliquons les considérations précédentes: la somme $A\delta\alpha + B\delta\beta + \ldots$ deviendra, au sens de la Mécanique de Lagrange, le travail virtuel de toutes les *forces extérieures* appliquées au système; A sera la *force extérieure généralisée* qui correspond à la variable indépendante α; si α représente une longueur, A sera une force, au sens élémentaire du mot; si α représente un angle, A sera le moment d'une force.

Les propriétés des systèmes que nous étudions maintenant ne sont plus entièrement réductibles à la figure et à la position de leurs diverses parties; parmi les variables qui définissent l'état de ces systèmes, il en est qui ne représentent plus ni des longueurs, ni des angles, ni des surfaces, ni des volumes, ni rien qui soit géométrique, mais des qualités physiques, des températures, des charges électriques, des intensités d'aimantation. Si α représente une telle variable, A ne sera plus une force généralisée, au sens de la Mécanique de Lagrange; ce sera une grandeur d'une tout autre nature, n'ayant avec la force généralisée que ce caractère commun: son produit par la variation infiniment petite de la variable α représente un travail. Si, par exemple, α est un moment magnétique, A sera la composante, dans la direction de ce moment, du champ magnétique extérieur. D'une telle grandeur, nous dirons qu'elle représente l'*influence extérieure* relative à la variable physique α, et nous réunirons les forces généralisées et les influences sous le nom commun d'*actions*.

Ici, comme dans la Mécanique de Lagrange, les actions que des corps étrangers déterminés exercent sur un système également déterminé ne sont pas des grandeurs entièrement définies; elles

changent si l'on change le groupe de variables qui sert à représenter l'état du système; seul, le travail qu'elles accomplissent dans une modification virtuelle déterminée garde une valeur invariable.

La modification virtuelle qui nous a déjà fourni la définition des actions extérieures exercées sur un système va nous fournir une autre notion essentielle, celle de la *quantité de chaleur* que le système dégage en une semblable modification. Nous parviendrons à cette notion nouvelle en appliquant le principe de la conservation de l'énergie à notre modification virtuelle.

Que faut-il entendre par là ?

L'énoncé du principe de la conservation de l'énergie fait intervenir l'accroissement de la force vive du système; cet accroissement n'a de sens qu'en une modification réelle; une modification virtuelle ne s'accomplit pas dans le temps; elle ne communique à la force vive du système aucun changement; c'est assez dire que, sous sa forme primitive, le principe de la conservation de l'énergie ne s'applique pas aux modifications virtuelles. Nous sommes libres, il est vrai, de lui imposer une généralisation qui le rende applicable à ces modifications et cette liberté n'est limitée que par une seule condition : Le nouveau principe devra reproduire le premier lorsqu'à la modification virtuelle on substituera la modification réelle.

Or, nous savons qu'en une modification réelle, le travail des forces d'inertie est égal à la diminution de la force vive. Si donc nous prenons une proposition qui a trait aux seules modifications réelles parce qu'elle renferme les mots : *diminution de la force vive*; si à ces mots nous substituons ceux-ci : *travail des forces d'inertie*, nous obtenons un nouvel énoncé, applicable aux modifications virtuelles et qui contient, comme cas particulier, l'énoncé primitif.

C'est par ce procédé que nous étendrons le principe de la conservation de l'énergie aux modifications virtuelles et que nous parviendrons à la proposition suivante : *En toute modification réelle ou virtuelle d'un système isolé, le travail des forces d'inertie est égal à l'accroissement de l'énergie interne.*

Prenons notre système isolé, formé par la réunion de deux systèmes indépendants, et calculons, pour une modification virtuelle imposée à ce système, la somme du travail des forces d'inertie et de la diminution d'énergie interne, somme dont la valeur doit être zéro. Cette somme contiendra six termes, dont voici les trois premiers :

1° Le travail des forces d'inertie appliquées au premier système;

2° Le travail des actions exercées par le second système sur le premier ;

3° Enfin, la diminution de l'énergie interne de ce premier système.

Les trois derniers termes, analogues aux trois premiers, s'en déduisent en intervertissant le rôle du premier système et du second.

La somme de ces six termes est nulle ; mais, en général, il n'en est de même ni de la somme des trois premiers, ni de la somme des trois derniers.

La somme des trois premiers termes est, par définition, la *quantité de chaleur* que le premier système dégage au cours de la modification considérée ; la somme des trois derniers termes est la quantité de chaleur dégagée, en la même modification, par le second système ; ces deux quantités sont égales et de signes contraires.

D'après cette définition, lorsqu'un système éprouve une modification quelconque, réelle ou virtuelle, *le travail virtuel des actions extérieures augmenté du travail virtuel des forces d'inertie, donne une somme égale à l'accroissement de l'énergie interne du système augmenté de la quantité de chaleur que dégage ce système.* S'il s'agit d'une modification réelle, cette proposition se transforme en la suivante : *L'accroissement de l'énergie totale d'un système est égal à l'excès du travail des actions extérieures sur la quantité de chaleur dégagée par le système.*

Cette propositition est l'énoncé précis de la loi de l'équivalence entre le travail et la quantité de chaleur[1]. Cette loi nous apparaît ici comme un corollaire du principe de la conservation de l'énergie, joint aux définitions du travail et de la quantité de chaleur.

Cette définition tout algébrique de la quantité de chaleur scandalisera peut-être quelques esprits ; ils s'étonneront de voir employer ces mots : *quantité de chaleur* pour désigner une somme de termes à la formation desquels les notions de chaud et de froid sont complètement étrangères. Leur étonnement aura sa raison d'être, car le vocable : *quantité de chaleur*, imposé par l'usage, est une dénomination fort mal choisie et très capable d'engendrer de déplorables confusions ; l'histoire de la Physique en fait foi.

Mais, si la définition précédente fait éclater aux yeux l'absence de tout lien logique entre la notion de *quantité de chaleur*, telle que l'entend le physicien, et la notion qui nous vient de nos perceptions et qu'entend exprimer le langage vulgaire lorsqu'il emploie le mot chaleur, ce n'est point cette définition qui a rompu ce lien ; il fut brisé dès l'origine de la Physique expérimentale, au jour où les Acadé-

[1] Voir : *L'Évolution de la Mécanique* : III. Les théories mécaniques de la chaleur et de l'électricité, chap. II. La théorie mécanique de la chaleur (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, n° 4, 28 février 1903).

miciens de Florence prouvèrent qu'en *chauffant* de la glace, on la fondait *sans l'échauffer*. De ce jour date la distinction entre la *température*, traduction en langage physique des notions empiriques de chaud et de froid, et la *quantité de chaleur*; les recherches calorimétriques de Black, de Crawford, de Lavoisier et de Laplace, la conception de la chaleur latente n'ont fait que creuser cette séparation, chaque jour plus profonde.

Il est donc juste que la définition de la quantité de chaleur n'emprunte rien aux perceptions de chaud et de froid; mais il serait inadmissible que la grandeur ainsi définie demeurât sans relation avec ce que les physiciens mesurent au moyen du calorimètre. Cette relation, heureusement, s'établit sans peine[1]; les principes que nous venons d'exposer prouvent que le calorimètre mesure effectivement ce que nous avons nommé quantité de chaleur; la définition de cette quantité satisfait donc à la règle posée par Rankine; elle a pour corollaire presque immédiat un procédé propre à mesurer la grandeur définie.

Les deux notions de travail et de quantité de chaleur sont continuellement en jeu dans la Mécanique nouvelle dont nous esquissons le développement; on peut donc très justement nommer cette Mécanique la *Thermodynamique*; on peut aussi, avec Rankine, lui donner le nom d'*Énergétique*, car la notion d'énergie est la source d'où elle découle tout entière; entre les tenants de la première dénomination et les partisans de la seconde, nous n'essaierons pas de trancher : « *Simus faciles in verbis* », disait Gauss.

VI. — La modification réversible.

Jusqu'ici, nous avons traité des propriétés des systèmes étudiés sans avoir à distinguer entre elles; toutes jouaient le même rôle; les lettres $\alpha, \beta, \dots$, qui désignent les grandeurs variables par lesquelles sont figurées ces propriétés, pouvaient aussi bien représenter des longueurs ou des angles que des températures ou des intensités d'aimantation.

Il est un nombre, symbole d'une quantité physique, la *température*, qui va dorénavant jouer un rôle à part et tout exceptionnel; ce rôle va lui être attribué par le principe que Sadi Carnot a découvert, que Clausius a modifié et perfectionné, et qui est un des fondements de la Mécanique nouvelle.

L'énoncé de ce principe usera de cette expression étrange : Une *modification réversible*; cette expression désigne une des notions les plus délicates de la Thermodynamique; il nous faut donc, avant tout, analyser cette notion.

Les transformations qui se produisent réellement dans le monde physique ne sont jamais réversibles.

Voici un gaz contenu dans un corps de pompe que ferme un piston; ce piston est chargé d'un poids. Si la charge est assez forte, le piston va s'enfoncer, le gaz sera condensé; les actions extérieures, représentées ici par le poids qui charge le piston, effectueront un travail positif; une certaine quantité de chaleur sera dégagée. Si, au contraire, le poids qui charge le piston est trop faible, le piston va remonter; le gaz se dilatera; le travail des forces extérieures sera négatif; le système absorbera de la chaleur. On peut s'arranger de telle manière que l'on obtienne le premier groupe de phénomènes ou que l'on obtienne le second groupe. Mais chercher à placer sur le piston un poids tel que, sans qu'on change rien à ce poids, le piston puisse aussi bien s'abaisser que s'élever; que le gaz puisse indifféremment se condenser ou se dilater; qu'il puisse y avoir à volonté dégagement ou absorption de chaleur, c'est évidemment tenter une œuvre chimérique. Un système donné, placé dans des conditions également données, se transforme nécessairement dans un sens déterminé; il ne se transforme pas indifféremment en un sens ou en sens inverse; pris au pied de la lettre, les mots *modification réversible* sont un non-sens.

Ces mots, cependant, sont susceptibles de prendre une signification précise, mais par un détour qu'il nous faut suivre.

En chargeant d'un poids convenable le piston qui comprime un gaz, nous pouvons faire que le piston s'enfonce; avec une charge un peu moindre, il se serait encore enfoncé; pour que le piston commence à s'enfoncer, il suffit que la charge surpasse si peu que ce soit le poids que le gaz tiendrait exactement en équilibre; de même, pour que le piston se relève, il suffit qu'il porte une charge un tant soit peu inférieure à celle que porterait le gaz en repos. Nous pouvons donc prendre deux charges qui différeront l'une de l'autre aussi peu qu'il nous plaira et les choisir cependant de telle sorte que l'une obligera le piston à s'enfoncer et que l'autre le laissera se relever; entre ces deux charges se trouve celle qui assure l'immobilité du piston.

Un système donné, entouré de circonstances également données, subit une modification dont le sens est toujours parfaitement déterminé; mais on peut choisir les conditions extérieures de telle sorte qu'une variation infiniment petite de ces con-

[1] On trouvera l'établissement de cette relation, ainsi que le développement mathématique du présent chapitre, dans notre *Commentaire aux Principes de la Thermodynamique*, 1re partie, chapitre III (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. VIII; 1892).

ditions suffira à renverser le sens du changement d'état qu'elles déterminent ; il faut, pour cela, que les corps dont le système est environné diffèrent infiniment peu de ceux qui le maintiendraient en équilibre.

Qu'est-ce donc, en définitive, qu'une *modification réversible* subie par un système ? C'est une modification purement idéale, purement virtuelle, une *suite continue d'états d'équilibre* en chacun desquels le système est successivement conçu par l'entendement du physicien ; et *cette suite d'états d'équilibre est la frontière commune de deux séries de modifications réelles, dont les unes marchent dans un certain sens et les autres en sens contraire.*

Les systèmes abstraits auxquels la Physique recourt pour représenter le monde de la matière inerte ne sont pas tous, il s'en faut bien, susceptibles de modifications réversibles.

Un fil métallique, tendu par un poids, est en équilibre ; nous augmentons le poids tenseur ; le fil s'allonge avec une certaine vitesse et parvient à un nouvel état d'équilibre ; une nouvelle surcharge produit un nouvel allongement ; et ainsi de suite. Sur un tableau, marquons la suite des charges employées et, en regard, les longueurs qu'a prises le fil en équilibre sous chacune de ces charges.

Recommençons cette suite d'expériences à partir du même état initial, mais en employant, à chaque opération, une surcharge moindre que dans le cas précédent. Nous obtiendrons un nouveau tableau, où figureront des états d'équilibre plus nombreux que dans le premier, et plus voisins les uns des autres.

Reprenons une troisième, une quatrième série, avec des surcharges successives de plus en plus petites ; les tableaux obtenus tendront vers un certain tableau limite ; celui-ci, s'il était possible de le former, présenterait une suite de charges croissant d'une manière continue et, en regard, une suite de longueurs croissant aussi d'une manière continue ; chacune des longueurs serait celle du fil lorsqu'il tient en équilibre la charge placée en regard. Nous aurions obtenu ainsi une suite continue d'états d'équilibre, et cette suite continue, *parcourue dans le sens où les longueurs vont en croissant*, serait la forme limite d'une série d'expériences au cours desquelles le fil s'allongeait réellement.

Prenons maintenant le fil dans le dernier des états d'équilibre auxquels les essais précédents l'ont amené, et, en le déchargeant graduellement, laissons-le se raccourcir jusqu'à ce qu'il reprenne la longueur initiale. Plus les diminutions successives de la charge seront faibles, plus lente sera la contraction du fil. Il nous sera donc possible, en opérant comme pour les allongements, de constituer une suite continue d'états d'équilibre du fil, et cette suite, *parcourue dans le sens où les longueurs vont en décroissant*, représentera la forme limite d'une série de contractions réelles.

Comparons les deux suites d'états d'équilibre ainsi constituées ; elles ne sont nullement identiques l'une à l'autre ; à une même charge correspond, dans la seconde suite, une longueur de fil plus grande qu'en la première, ce qu'on exprime en disant que l'étirement a affecté le fil d'un allongement permanent ; nos deux séries de modifications réelles, de sens opposés, les étirements d'une part, les contractions d'autre part, n'admettent pas de commune frontière ; un fil susceptible d'allongements permanents ne peut pas subir une modification réversible.

La Mécanique que nous allons développer fera un continuel usage de la notion de modification réversible ; *elle traitera exclusivement de systèmes pour lesquels toute suite continue d'états d'équilibre est une modification réversible* ; par le fait, elle cessera d'être une Mécanique entièrement générale pour n'être plus que l'étude d'une catégorie, très étendue sans doute, mais cependant particulière, de systèmes matériels ; hors du domaine qu'elle prétend soumettre à ses lois, elle laissera bien des corps, nommément ceux qui peuvent éprouver des modifications permanentes ; si, plus tard, une Mécanique peut être constituée, qui embrasse en ses théorèmes l'équilibre et le mouvement de semblables corps[1], ce sera par une généralisation de la Mécanique restreinte qui va maintenant nous occuper, par un apport d'hypothèses et de principes étrangers à ceux que nous allons énoncer.

Quelle sera, dans le domaine restreint où nous allons nous cantonner, l'utilité de cette notion purement idéale et fictive qu'expriment les mots de modification réversible ? Que signifie exactement cette phrase : Telle proposition n'est vraie que pour un changement réversible ? Le sens de cette phrase est celui-ci : A proprement parler, la proposition dont il s'agit n'est jamais vraie ; il n'existe aucune modification réelle à laquelle on puisse l'appliquer en toute rigueur ; mais l'erreur commise en appliquant cette proposition à un changement d'état peut être plus ou moins grande ; elle est d'autant plus petite que, pour renverser le sens de ce changement d'état, il faudrait imposer une moindre perturbation aux conditions extérieures qui entourent le système soumis au changement ; la proposition en question est d'autant moins éloignée de la vérité que les actions auxquelles le système

[1] Une semblable Mécanique sera étudiée dans un prochain article.

est soumis sont, à chaque instant, plus voisines de celles qui le maintiendraient en équilibre.

Le principe de Carnot et de Clausius n'est vrai que pour les modifications réversibles; les conséquences que nous déduirons de ce principe, les propriétés qu'il nous fera découvrir en un système, ne seront jamais rigoureusement exactes tant que le système sera en voie de transformation; mais plus les causes qui déterminent cette transformation tendront à disparaître, plus ces conséquences seront voisines de la vérité, plus ces propriétés seront voisines de celles que révèle l'expérience; au système en équilibre, ces propositions s'appliqueront exactement, ces propriétés appartiendront pleinement. *La notion de modification réversible peut servir à fonder une Statique.*

VII. — Le Principe de Carnot et la température absolue.

Si le principe de la conservation de l'énergie peut être ordonné à l'instinct qui nous presse d'agir sur le monde extérieur et de le modifier conformément à nos besoins, *a fortiori* en est-il de même du Principe de Sadi Carnot. C'est un fait historique que ce principe a été suggéré à son auteur par la contemplation des machines à feu et par l'ambition d'en donner une théorie entièrement générale. C'est, en particulier, cette contemplation qui a conduit Sadi Carnot à imaginer la suite d'opérations que l'on nomme aujourd'hui *cycle de Carnot*.

Un système décrit un *cycle* lorsqu'il subit une suite d'opérations qui le ramènent à son état initial; si toutes ces opérations sont réversibles, le cycle lui-même est réversible. Au cours d'un cycle, le système peut tantôt dégager, tantôt absorber de la chaleur. Supposons que ces échanges de chaleur entre le système et les corps étrangers aient lieu seulement en deux circonstances : premièrement, lorsque tous les corps qui composent le système sont portés à une certaine température θ, deuxièmement, lorsque tous ces corps sont portés à une certaine température θ', supérieure à θ. Le cycle sera un cycle de Carnot décrit entre les deux températures limites θ et θ'.

Des hypothèses formulées par Sadi Carnot, nous ne dirons rien ici; elles ne s'accordaient pas avec le Principe de la conservation de l'énergie; aussi Clausius, puis W. Thomson, les ont-ils modifiées et ont-ils formulé deux postulats qui sont universellement acceptés.

Le *Postulat de Clausius* peut s'énoncer de la manière suivante : *Pour qu'un système, décrivant un cycle de Carnot réversible, absorbe de la chaleur pendant qu'il est porté à la plus basse des deux températures limites, il faut que les actions extérieures auxquelles il est soumis effectuent, durant le parcours du cycle, un travail total positif.*

Le *Postulat de W. Thomson* a une forme semblable; le voici : *Si les actions extérieures qui sollicitent un système effectuent un travail total négatif pendant le parcours d'un cycle de Carnot réversible, le système dégage forcément de la chaleur durant son séjour à la température limite la plus basse.*

De ces deux postulats se déduit[1] un ensemble de conséquences qui forme le *théorème de Carnot.*

Lorsqu'un système décrit un cycle de Carnot réversible, la quantité de chaleur qu'il dégage pendant que sa température atteint l'une des deux limites est de signe contraire à la quantité de chaleur qu'il dégage pendant qu'il est porté à l'autre température limite; si, dans le premier cas, il dégage de la chaleur, il en absorbe dans le second, et inversement. Les valeurs absolues des quantités de chaleur mises en jeu ont, entre elles, un certain rapport; la valeur de ce rapport ne dépend ni de la nature des corps qui décrivent le cycle de Carnot, ni de la forme particulière des modifications qui composent ce cycle, ni, bien entendu, de l'échelle thermométrique sur laquelle sont lues les deux températures θ, θ'; elle dépend exclusivement des deux *intensités de chaleur* auxquelles, par le choix d'un thermomètre approprié, on a fait correspondre les deux nombres θ, θ'; si l'on change ce thermomètre, les valeurs numériques des températures qui correspondent aux mêmes intensités de chaleur seront changées, mais la valeur du rapport considéré demeurera invariable.

En d'autres termes, à chaque intensité de chaleur on peut faire correspondre un nombre; ce nombre est toujours positif; il est d'autant plus grand que la qualité de chaleur à laquelle il correspond est plus intense, caractère qui permet de prendre ce nombre pour température, de regarder la suite des nombres ainsi définis comme une échelle thermométrique; la correspondance entre chacun de ces nombres et l'intensité de chaleur qu'il doit servir à repérer n'est point liée au choix d'un thermomètre particulier, en sorte que la température ainsi déterminée mérite le nom de *température absolue*; l'emploi de cette dénomination permet de formuler la proposition précédemment énoncée sous la forme que voici : *Lorsqu'un système décrit un cycle de Carnot réversible, les valeurs absolues des quantités de chaleur qu'il dégage ou absorbe pendant qu'il atteint l'une ou l'autre*

[1] Cette déduction est exposée dans la plupart des Traités de Physique récents; nous pensons lui avoir donné une forme entièrement rigoureuse dans notre *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, Livre I, chapitre III; tome I, p. 56; Paris, 1897.

des intensités de chaleur limites sont entre elles comme les températures absolues qui correspondent à ces intensités de chaleur.

Une dernière proposition achève de préciser cette notion si essentielle de température absolue. Elle exige la considération de ces fluides que les physiciens nomment *gaz parfaits* et qu'ils définissent par deux caractères : une compressibilité qui, à température constante, obéit à la loi de Mariotte; une énergie interne qui demeure invariable tant que le gaz demeure également chaud. Le théorème de Carnot entraîne, en effet, cette conséquence : *On peut prendre pour température absolue la température centigrade lue sur un thermomètre à gaz parfait, augmentée de l'inverse du coefficient de dilatation de ce gaz.*

Cette proposition complète la définition de la température absolue en la conformant à la règle posée par Rankine : elle nous trace, en effet, l'esquisse d'un procédé qui permettra de mesurer les températures absolues. Non pas qu'il existe dans la Nature un gaz parfait que nous puissions introduire dans un réservoir pour en faire un thermomètre; le gaz parfait est un concept construit de toutes pièces par notre raison; il n'a pas plus de réalité concrète que le solide parfaitement indéformable dont traite la Mécanique élémentaire. Mais s'il n'existe pas, dans la Nature, de solide rigide, il existe des corps qui se déforment très peu lorsque la température et les actions extérieures n'excèdent pas certaines limites; à ces corps, les propositions de la Mécanique élémentaire s'appliquent approximativement, et en deçà des limites que nous venons de mentionner. De même, la réalité concrète ne nous présente aucun gaz parfait; mais certains gaz réels, pourvu qu'ils ne soient ni trop comprimés, ni trop refroidis, se laissent approximativement représenter par ce schéma, simple agencement d'éléments mathématiques, que désignent les mots *gaz parfait.* Avec ces gaz-là, on pourra construire des thermomètres qui donnent la température absolue. La détermination des températures absolues ne sera possible que si les conditions de l'expérience demeurent comprises entre certaines limites; entre ces limites, elle ne sera qu'approchée; ces caractères sont communs à tous les procédés de mesure employés en Physique.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

LES MAROCAINS ET LA SOCIÉTÉ MAROCAINE

TROISIÈME PARTIE : LA RELIGION[1]

I. — La magie, la survivance des cultes primitifs.

Les Marocains sont aujourd'hui tous musulmans orthodoxes du rite malékite ; les sectes dissidentes, comme celles des kharedjites, qui ont en Algérie, en Tunisie et en Orient des fidèles assez nombreux, n'en comptent aucun au Maroc; mais, pas plus ici qu'ailleurs, la religion musulmane ne s'est substituée brusquement aux cultes anciens; repoussant violemment quelques-unes des anciennes croyances, elle a toléré la plupart des autres ou se les est assimilées; elle a transformé et adapté à ses besoins la plupart des institutions sociales. Mais ce travail est plus ou moins avancé suivant les régions; il l'est naturellement moins dans la plupart des régions où les habitants sont sédentaires, parce que la vie sédentaire implique une organisation plus compliquée et se ployant plus malaisément à de nouveaux cadres et à de nouvelles directions. De toutes parts cependant, dans l'Islâm marocain, comme dans toute religion, on aperçoit les survivances des vieux rites, les débris des antiques croyances : témoins précieux qui, mieux étudiés, serviront plus tard à écrire l'histoire religieuse de l'Afrique du Nord.

Nous avons vu dans la seconde partie de cette étude quels rapports existent entre la médecine et les pratiques magiques; c'est que la magie est la science des peuples enfants. Des rapports plus difficiles à préciser, mais que l'observation des faits dénonce comme non moins étroits, unissent la magie à la religion. Il doit nous suffire ici de dire quelques mots de la première.

Le Maroc, et particulièrement le Soûs, est la patrie des sorciers; les auteurs anciens nous ont, du reste, rapporté le rôle considérable que jouaient jadis dans la société berbère les sorciers, devins, prophètes et prophétesses; Goldziher a pu, avec raison, supposer que les marabouts actuels perpétuent

[1] Voir les deux premières parties de cet article dans la *Revue* des 28 février et 15 mars 1903, t. XIV, p. 190 et suivantes et p. 258 et suivantes. Voir aussi sur le Maroc les articles de M. J. Machat et de M. Aug. Bernard dans la *Revue* des 15 et 30 janvier et 15 février 1903.

en partie ces traditions. Mais il y a toujours de véritables devins : nous en connaissons dans le sud du Maroc qui prédisent l'avenir et font leurs diverses opérations magiques au moyen de coquillages fossiles (térébratules), qu'ils prétendent élever, nourrir et faire parler! Fréquemment ces sorciers font de leur science un usage peu honnête : il s'agit la plupart du temps de forcer l'amour d'une femme, ou de rendre un homme impuissant, mais souvent on leur demande la mort d'un rival. Il y a pour cela des recettes macabres : faire un mélange de semoule et d'os de mort pilés, en mettre dans la main d'un mort, le rapporter et en confectionner un plat de couscoussou pour la victime ; on lui fait ensuite manger par artifice des coquilles d'œufs pilées, des cheveux coupés très court et autres ordures... La *khankatira*, ou science des métamorphoses, est plus innocente ; elle permet à celui qui l'a étudiée de changer des feuilles en pièces d'or, de faire apparaître sur une table des mets succulents, etc., etc... Quant à la divination de l'avenir, elle est l'objet du *khett er remel*, art de prédire d'après les lignes tracées sur le sable ; du *khett ez Znâti*, où l'on découvre les événements futurs avec des calculs mathématiques suivant certaines figures géométriques ; de l'*ilm el aktâf*, ou omoplatoscopie, c'est-à-dire inspection de l'omoplate d'une victime sacrifiée ; ce dernier mode de divination est surtout employé à la fête du mouton ou *Aid el kebîr*, époque où tous les musulmans sacrifient un animal de cette espèce. Les chercheurs de trésors sont encore une autre sorte de sorciers très répandue, surtout dans le Soûs ; naturellement c'est toujours dans les cavernes, dans les ruines antiques, dans les escarpements de montagnes qu'opèrent ces peu intéressants praticiens. Pour toutes ces opérations magiques, des époques, des jours, des heures sont déterminés, et l'Islâm a souvent consacré des pratiques analogues : il y a un jour spécial de la semaine pour la circoncision, un jour pour se raser les cheveux, un jour pour se baigner ; d'autres jours portent des interdictions : par exemple, on ne se met pas en voyage le vendredi.

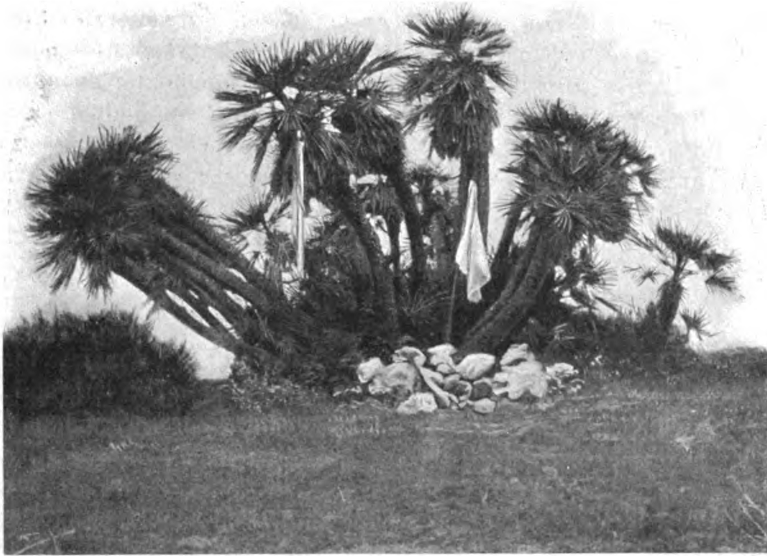


Fig. 1. — *Groupe de palmiers sacrés près de Larache, avec pierres et morceaux d'étoffe suspendus en guise d'ex-voto.* (Cliché de M. Doutté.)

L'animisme primitif a laissé ici ses traces, comme partout ailleurs. Le culte des pierres, surtout dans le sud du Maroc, semble avoir été très vivace, s'il est exact qu'il faille y rattacher toutes les manifestations religieuses dans lesquelles les pierres jouent un rôle. On appelle *kerkoûr* un tas de pierres sacré qui est en relation avec la tombe d'un marabout ; tantôt c'est un monceau de cailloux informe, auquel chacun ajoute sa propre pierre ; tantôt c'est une pyramide de pierres placées les unes sur les autres, ou une collection de ces pyramides. D'autres fois, c'est une véritable colonne de pierres taillées qui s'élève dans l'enceinte funéraire. A l'approche des tombeaux des saints les fidèles élèvent généralement de leurs mains un kerkoûr ; en particulier à l'endroit d'où l'on aperçoit pour la première fois le tombeau du saint lorsqu'on arrive de loin, il y a toujours un kerkoûr plus ou moins important : chaque fidèle y ajoute une pierre, ou bien bâtit une petite pyramide de pierres en équilibre les unes sur les autres. Certains cols, en vue des grands marabouts, sont semés d'innombrables petits édicules de ce genre ; l'usage de placer une pierre près d'un marabout, lorsqu'on fait un vœu, est général. S'il s'agit d'un arbre-marabout, on met la pierre dans ses racines, on la pose sur une branche, on la fourre sous son écorce ou dans une fissure quelconque. Les arbres sacrés auxquels on suspend des chiffons en guise d'ex-voto, et qui se retrouvent dans l'univers entier, sont extrêmement nombreux au Maroc. Tout marabout est situé près d'un arbre remarquable ; mais, souvent, on vénère un arbre seul, isolé dans la plaine ou perdu dans la forêt. C'est généralement un arbre remarquable par ses dimensions ou par sa conformation (fig. 1) : tel l'immense olivier des environs

de Saffi ou le palmier à trois branches qui est aux portes d'Azemmour.

Les animaux, au moins à l'époque actuelle, ne semblent pas jouer un rôle bien important dans le culte; mais les mythes qui leur sont relatifs chez les Marocains ont le même caractère qu'ailleurs et nous reportent à une époque où l'animalité et l'humanité étaient confondues dans l'esprit des hommes; les histoires de métamorphoses sont courantes : on croit que la tortue était un homme et qu'il fut métamorphosé. Des fables analogues courent sur le compte de la cigogne, qui est pourtant considérée comme sacrée, de même que certains passereaux (*Emberiza Saharæ*) et même la chouette, dont on ne mange pas, non plus, la chair. Les serpents, ceux que l'on trouve dans sa maison en particulier, sont également parfois respectés. Sans conclure de là à l'existence ancienne du culte des serpents, si répandu ailleurs, on ne peut s'empêcher de mentionner, à ce propos, le rôle prépondérant des serpents dans les exercices des Aïssaoua et dans leurs légendes.

La croyance aux génies est universelle et très développée au Maroc : ils forment, croit-on, une race d'êtres créés avant Adam et qui sont, la plupart du temps, invisibles. Ils sont répandus partout, dans l'air, dans les maisons, dans les montagnes, les rivières, la mer. Il y a parmi eux des hommes, des femmes, des nations, des tribus, des religions, des païens, des juifs, des chrétiens, des musulmans. L'orthodoxie musulmane a, d'ailleurs, accueilli ces idées et le Coran consacre la croyance aux *djinns* ou génies, comme une race d'êtres analogues aux hommes; il dit, par exemple : « Les hommes et les génies », pour indiquer la portion intelligente de la création. Il y a des djinns mâles et femelles et ils se marient entre eux; mais il y a des exemples d'hommes mariés avec des génies et qui même en ont eu des enfants : ces histoires de mariages mixtes se rencontrent dans toute l'Afrique du Nord. Il y a de bons et de méchants djinns, mais il n'est pas souvent question des bons; on s'occupe, au contraire, beaucoup des méchants et des innombrables désagréments qu'ils causent aux hommes. Les génies, en effet, frappent les individus qui pénètrent dans certains endroits particulièrement hantés, comme les édifices en ruines, et non seulement ils les battent, mais ils leur rompent les membres, les aveuglent, les enlèvent et même les tuent; d'autres fois, ils rendent un jeune époux impuissant ou encore causent de graves maladies : le choléra est attribué d'habitude aux djinns. Ils s'introduisent dans le corps de l'homme et le *possèdent* entièrement, le faisant souffrir et amenant chez lui une foule de désordres; l'individu est dit *mejnoûn*. On appelle généralement, pour chasser le djinn de son corps, les Guenâoua, c'est-à-dire les nègres; au Maroc, comme ailleurs, ceux-ci ont, en effet, un culte des génies très développé. Ils dansent en hurlant autour du patient, lui font d'horribles grimaces en tournant autour de lui, le portent sur leurs épaules... Il y a aussi des magiciens qui font métier de guérir les possédés : la lecture du Coran accompagnée de quelques pratiques, comme celles de presser les pouces et de pincer les oreilles, forme le fond des rites qu'ils emploient pour « déposséder » leurs clients (Westermarck). On sacrifie souvent aux djinns, généralement du couscoussou ou des pains spéciaux; l'endroit des sacrifices est d'habitude près d'une source ou d'une caverne, ou de quelques grosses pierres, ou des rochers du bord de la mer. Enfin, beaucoup de djinns sont révérés comme marabouts et ont des sanctuaires comme eux : il y a confusion plus ou moins grande entre le culte des saints et celui des djinns, et l'orthodoxie musulmane favorise naturellement l'absorption du second par le premier : d'innombrables Sidi Mîmoûn et Lella Rokia, pour citer deux cas typiques de ces génies-marabouts des deux sexes, sont révérés çà et là au Maroc et dans toute l'Afrique du Nord. Au reste, les véritables saints ont une suprématie incontestée sur les djinns : la plupart d'entre eux sont représentés comme ayant empire sur les génies et comme les ayant prêchés et moralisés; auprès de mainte tombe de marabout, on montre l'endroit où le grand homme enseignait le Coran aux génies.

Les *afrît* ne sont pas très bien différenciés des *djinns;* ils semblent être plus féroces et apparentés aux ogres, aux géants, aux loups-garous ; ces derniers sont très redoutés des Marocains, qui se les représentent sous la forme du *Bou Jloûd*, être à face humaine monstrueuse avec deux cornes et une toison épaisse, et dont on ne parle qu'avec effroi.

Des traces d'une sorte de culte des géants, signalé en Algérie (René Basset), se remarquent aussi au Maroc.

En regard de tous ces êtres, se placent les démons (*chitân*) et en particulier le diable (*Iblis*) de l'orthodoxie musulmane. Ils semblent, à vrai dire, moins redoutés que les *djinns* et ne sont dangereux que pour les impies, puisque la seule mention de la formule *Allâh inaal ech Chitân*, « Que Dieu maudisse Satan ! », suffit à les mettre en fuite[1].

[1] **Littérature.** — Elle est très pauvre. On glanera à peine quelques faits dans les différents articles de Quedenfeldt cités ci-dessus, dans Moulièras (I, 52; II, 53-60). Toutefois, en ce qui concerne les djinns, le travail de **Westermarck** : *The nature of the Arab. Ginn illustr. by the present beliefs of the People of Morocco*, dans *Journ. of the Anthrop. Inst.*, XXXIX, p. 252 seq., est fort complet. — Voir aussi sur les « kerkoûr » notre Mémoire sur *Les tas de pierres sacrés dans le sud du Maroc*, Alger, 1902.

II. — Le Maraboutisme.

Le culte des saints a pris dans l'Islâm du Maghrib entier, et spécialement au Maroc, une extension et une vivacité qui ont attiré l'attention de tous les observateurs. Après l'avoir souvent combattu, l'orthodoxie musulmane l'a finalement admis, en l'étayant tant bien que mal sur la doctrine de l'intercession. « Tous les voyageurs au Maroc, avons-nous écrit ailleurs, même ceux qui voyagent pour se livrer à des études absolument étrangères aux questions religieuses, ont été impressionnés par l'extension donnée à ce culte. Léon l'Africain comparait ces saints à des demi-dieux ; Rohlfs, habitué cependant aux pays musulmans, était stupéfait de voir des tribus entières accourir au-devant du chérif d'Ouazzân en voyage et se presser pour le toucher du doigt ; Hooker et Ball, explorant le Maroc en géologues et en botanistes, constatent cependant que le culte des saints semble être la seule forme sous laquelle la religion se manifeste aux Berbères de l'Atlas ; Quedenfeldt, un observateur de premier ordre pour ce qui concerne l'ethnographie, déclare que ce même culte a remplacé toute autre religion ; de Foucauld, enfin, dit que dans mainte région on n'accorde absolument de respect qu'aux marabouts, et des populations, comme les Ida ou Belâl, qu'il signale comme irréligieuses à tous autres égards, révèrent néanmoins les marabouts. »

Le mot marabout a une histoire : il désigna primitivement ceux qui, à la frontière de l'état musulman, portaient la guerre, la « guerre sainte » ou *djihâd* chez les Infidèles. Ceux-là se réunissaient dans des *ribâts* ou forteresses avancées, qui étaient à la fois des couvents où l'on se livrait à de pieuses pratiques et des forts d'où l'on s'élançait sur l'ennemi pour de saintes et fructueuses razzias. Le nom de *merâbtin* eut donc toujours deux sens, un sens monacal et un sens guerrier ; mais le sens guerrier, qui semble bien, nonobstant l'opinion contraire de Mercier, être le sens primitif, prévalut pendant longtemps. C'est ainsi que les Almoravides, sortis des ribâts du Sénégal, en reçurent leur nom (almoravides = el morabîtoûn = les marabouts). Au Maroc, l'expression *mrâbet*, marabout, désigne spécialement les saints non chérifs, et dont la sainteté est héréditaire ; quant aux saints, en général, on les appelle *ouali* ou *siied*, et le nom de mrâbet, peu usité et chez les lettrés seulement, est resté avec son sens guerrier de *moudjâhid* ou « combattant dans la guerre sainte ». Au sud du Maroc, au contraire, et dans le Sahara, en Algérie, en Tunisie, en Tripolitaine et jusqu'en Egypte, le mot *mrâbet*, marabout, a étendu sa signification d'une façon extraordinaire et désigne aujourd'hui toute espèce de saints. C'est que la grande poussée de *mrâbtin* combattants que suscita, au XVIe siècle, la guerre entre les musulmans et les chrétiens (portugais et espagnols) eut comme corollaire une renaissance de l'orthodoxie musulmane et une islamisation de toute l'Afrique du Nord : l'ennemi repoussé, le *mrâbet*, cessant d'être guerrier, resta un saint, un marabout, et garda ce nom dont la signification s'étendit considérablement ; elle restait précise, au contraire, au Maroc, à l'endroit même où les marabouts s'étaient illustrés. Quoi qu'il en soit, les Européens ont tellement pris l'habitude de ce mot que nous pensons qu'il peut être employé d'une façon générale pour tout le Maghrib, par une extension analogue à celle que l'on a donnée aux mots « tabou » ou « totem ». On fait généralement précéder le nom des marabouts du mot *sîdi*, « monseigneur », mais au Maroc on donne spécialement le titre de *Moûlaye*, « mon maître », qui n'a pas d'équivalent au féminin, aux chérifs. Les saintes portent au Maroc le titre de Lalla, comme dans tout le monde musulman. Le saint qui est manifestement illuminé est dit *mejdoûb* et les pauvres d'esprit, assimilés aux saints, sont appelés *bahloûl :* ces ceux mots sont souvent pris l'un pour l'autre.

La vénération que l'on porte aux marabouts a pu à bon droit être qualifiée d'anthropolâtrie. Lorsque le chérif d'Ouazzân est chez ses fidèles, on s'écrase pour baiser le pan de son burnous, on baise la trace de ses pas, on vénère tout objet qu'il a touché ; lui faire prendre une bouchée de nourriture préparée pour lui est une faveur insigne ; on le supplie de cracher sur des aliments, que l'on mange ensuite..... Mais si la puissance du marabout est grande, elle est territorialement circonscrite. Des marabouts de haute volée sont sans aucune influence et même totalement inconnus dès qu'ils sortent de leur district. Le chérif d'Ouazzân est certainement le marabout dont la puissance temporelle est la plus étendue au Maroc. Outre la région de Ouazzân, il possède des *azibs* (fermes) dans tout le Gherb, sur la côte et jusqu'au delà de Mogador. Il faut encore citer parmi les grands marabouts du Maroc, Sidi-l-Hoséin ou Hachem, maître absolu du Tazeroualt ; Sidi Mohammed Bou Bekr, de Tamegroût, dans le Drâ ; Sidi Ben Dâoud, à Bou-l-Djad, dans le Tâdla. Sidi Larbi, de Matrâra, chef des Derkâoua, avait une grande influence, mais ses successeurs ne semblent pas en avoir hérité. A côté de ces grands marabouts, il y en a une infinité d'autres, dont l'influence, restreinte à un canton, est cependant toute-puissante dans ces limites. Les marabouts sont donc la grande puissance politique du Maroc : le peuple les révère infiniment plus qu'il ne révère le sultan, malgré le caractère religieux de celui-ci. Moûlaye

Idrìs est vénéré par les habitants de Fez à l'égal au moins, si ce n'est au-dessus de Mahomet : en tout cas, c'est à lui et non au Prophète que les Fassiens adressent leurs prières.

On nomme *chérif* quiconque descend du Prophète par sa fille Fâtimat-ez-Zahra. Les chérifs les plus nobles du Maroc et les plus populaires sont les descendants d'Idris, appelés vulgairement *Drissiin* : Idrìs était fils d'Abdallah el Kamil, fils de Hassan II, fils de Hassan-es-Sibt, lequel descendait du Prophète par sa fille Fâtima. La maison d'Ouazzân se rattache directement à la lignée d'Idrìs. Quant aux chérifs, qui sont actuellement les maîtres du gouvernement marocain, ils prétendent descendre aussi de Hassan-es-Sibt par un prétendu fils d'Abdallâh el Kâmil, mais on admet généralement qu'ensuite leur arbre généalogique présente une lacune. Un de leurs ancêtres, El Hassan ben Kâcim, vint jadis de Yambo, ville du Hedjâz, où les Alides étaient nombreux. Cet El Hassan est l'ancêtre commun de Mohammed el Kâïm bi amr Allâh et de Moûlaye Mohammed ben ech Chérif ben Ali (ce dernier Ali est le Moûlaye Ali enterré au Tafilelt), fondateur de la dynastie des chérifs actuellement régnante au Maroc ou *Filâliens*. A côté de cette noblesse, il y en a encore d'autres : les descendants d'Abou Bekr et d'Omar, les deux premiers khalifes musulmans, sont aussi très considérés : Sidi-Ben Daoud, que nous avons cité, descend d'Omar, à ce qu'il prétend. Naturellement, les innombrables marabouts qu'a fait éclore le grand mouvement de renaissance islamique du XVIe siècle dont nous avons déjà parlé, se sont généralement prétendus chérifs : ces apôtres de l'Islàm ont aussi d'habitude transmis leur nom à la tribu qu'ils évangélisèrent et dont ils sont devenus l'ancêtre éponyme. La manie du chérifat a, du reste, gagné tous les indigènes et l'on voit des tribus comme les Aït Atta et les Aït Segherouchchen prétendre être de la descendance du Prophète! Il y a, d'ailleurs, de nombreux marabouts qui ne sont point chérifs et ces deux mots ne sont nullement synonymes : l'un a un sens généalogique et l'autre un sens religieux, mais il arrive la plupart du temps que les deux expressions s'appliquent au même individu.

A côté des saints dont la généalogie est plus ou moins bien établie, il y a ceux dont les innombrables tombes se trouvent au bord de chaque sentier et dont on connaît tout juste le nom, quand on le connaît. Nous faisons, en écrivant ces derniers mots, allusion aux *mzâra*, sanctuaires que l'on vient visiter, qui ne consistent qu'en une enceinte de pierres sèches et qui passent pour recouvrir la dépouille d'un saint dont le nom s'est perdu, dit-on. Souvent, ces sanctuaires accompagnent une source, un rocher, un arbre, une grotte ou une simple anfractuosité : le maraboutisme recouvre ainsi tous les vieux cultes animistes dont nous signalions plus haut les survivances et les fait rentrer dans les cadres de l'Islam. Pareillement, l'Islam a placé sous son influence toute une part de la vie sociale en imposant des patrons aux villes, comme il en a imposé aux tribus : le patron de Fez est Moûlaye Idrìs; celui de Mogador, Sidi Megdoûl; celui de Saffi, Sidi Mohammed ben Salah; celui de Larache, Lalla Mimoûna el Mesbahia; celui de Tanger, Sidi Mohammed el Hadj Bou Arakia; celui de Rabat, Moûlaye Brahìm; celui d'Azemmoûr, Moûlaye Bou Chaïb; celui de Merrâkech, Sidi bel Abbès es Sebti; etc.

Comment devient-on marabout? Il y a pour cela plusieurs voies : la science, les bonnes œuvres, la réputation d'équité, l'ascétisme, les pratiques mystiques, la folie et même l'imbécillité peuvent conduire à la dignité maraboutique. Une fois acquise, cette qualité est héréditaire. Parmi les marabouts de naissance, les chérifs sont naturellement au premier rang. En nombre de régions, ils se groupent et forment des castes assez fermées, vivant et se mariant entre eux : ainsi en est-il dans les *zaouias* marocaines, en prenant ce mot dans son sens le plus large. A défaut de la naissance, le savoir et le caractère peuvent donner le titre de marabout, mais seulement après la mort. Car, pendant la vie, n'est marabout que celui qui, descendant du Prophète, détient par cela même une parcelle de *baraka* « bénédiction », ou celui qui, par des signes extérieurs non équivoques, se révèle comme particulièrement favorisé de la grâce divine : au nombre de ces signes sont la folie, l'extase, le don des miracles. Les fous, les idiots et ceux qui se donnent des allures d'aliénés, car il y a lieu de croire que les simulateurs sont nombreux, sont entourés de la vénération populaire. Ils sont craints, même du Makhzen. Nous en avons entendu un qui, à l'heure où Moûlaye Abdelazìz faisait partir ses feux d'artifice, ne craignait pas de hurler dans les rues de Merrâkech des paroles fort dures pour Sa Majesté; nous en avons vu un autre, à Saffi, qui se roulait sur le sable de la plage en criant des imprécations contre le Makhzen et en menaçant celui-ci de l'arrivée des chrétiens. A défaut d'une généalogie bien établie, à défaut d'une imbécillité réelle ou simulée, on peut devenir, par ses seuls efforts, un saint, un marabout, en faisant l'ermite. Après avoir été réprouvé dans l'Islâm, l'ascétisme est devenu la voie normale qui mène à la sainteté. Il faut ajouter que les marabouts devenus célèbres oublient facilement l'ascétisme. « On peut, dit de Foucauld, reconnaître presque partout les marabouts au double usage du

kif et de l'eau-de-vie, qui forme un de leurs caractères distinctifs. » Les *mejdoûb*, en particulier, se permettent jusqu'en plein Fez des licences qui ne seraient tolérées chez personne autre.

Rien dans l'Islâm n'empêche, comme on l'a prétendu à tort, la femme d'aspirer au rang de *oualia*, de *mrâbta*, de maraboute. Et, de fait, les saintes sont particulièrement répandues au Maroc. Nous avons cité plus haut Lalla Mennâna el Mesbahia, la patronne de Larache; on pourrait citer à la suite des centaines d'autres exemples. Nous savons, par les historiens, que les indigènes ont toujours révéré certaines femmes comme prophétesses : sans doute, ces traditions se sont perpétuées dans le culte des saints. Les lettrés marocains actuels, sans contester le mérite des saintes, ne leur paraissent pas cependant très favorables.

Il faut dire que beaucoup de ces saintes ont une légende qui indique une conduite peu exemplaire. Nous avons insisté sur ce point ailleurs et on nous l'a reproché; cependant, de nouvelles observations n'ont fait que corroborer notre première opinion : les femmes de mainte zaouia marocaine sont connues pour leur facilité et il semble que l'on admette que cette facilité a précisément une excuse dans leur caractère religieux. Il en est ainsi, par exemple, à la zaouia de Sidi Rehal, entre Demnât et Merrâkech.



Fig. 2. — *El Jâmaa el Mançouri à Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

D'une façon générale, il faut bien reconnaître que les marabouts ont été, pour les populations, de vrais bienfaiteurs. Seuls, dans l'espèce d'anarchie où se débattaient et où se débattent encore en partie les tribus marocaines, au milieu des guerres perpétuelles du pays insoumis, au milieu du conflit permanent des intérêts qu'aucune autorité politique n'est de force à régler dans la plus grande partie de l'empire, au milieu de l'ignorance générale et du débordement des passions, seuls ils représentent un peu de savoir, de justice, de clémence; leur neutralité habituelle dans les querelles quotidiennes leur permet de s'interposer bien souvent; leur science leur donne les moyens de dénouer les conflits d'intérêt, leur caractère sacré assure autant que possible le respect de leurs décisions. Les populations les plus heureuses du Maroc ne sont pas celles où les caïds du Makhzen ont enlevé l'autorité aux marabouts pour mieux pressurer leurs administrés; ce sont celles qui sont restées indépendantes du sultan sous l'autorité d'un marabout révéré, le Tâdla, le Tazeroualt, Tazenokht, Ouezzân, etc. Enfin, les marabouts font pénétrer quelque instruction dans les têtes dures des indigènes : ils ont le monopole de l'enseignement musulman et cet enseignement, si rudimentaire qu'il nous paraisse, est pour ces populations une source de grands progrès moraux. Les zaouias sont à la fois un temple où se dit la prière, un prétoire où se vident les différends, une école où l'on enseigne les rudiments des sciences musulmanes, une hôtellerie où les pauvres et les voyageurs se font héberger et un asile pour les opprimés[1].

III. — Les sanctuaires, les fêtes, les rites.

Il y a deux séries de sanctuaires : ceux qui recouvrent ou sont censés recouvrir la dépouille d'un marabout; ceux où l'on rend à Dieu le culte musulman et où l'on fait les prières canoniques. Ces deux classes de sanctuaires ne nous paraissent point procéder l'une de l'autre; la seconde comprend essentiellement les mosquées, édifices dont la construction est d'importation orientale; la première comprend toutes les tombes de saints et

[1] **Littérature.** — Nous avons suivi presque pas à pas et parfois mot à mot, dans ce paragraphe, le Mémoire intitulé : *Les marabouts*, que nous avons publié en 1899-1900 dans la *Revue de l'Histoire des Religions* (nos 120, 121 et 123; t. à p. Paris, 1900) : on y trouvera la bibliographie de la question. Ce mémoire a été l'objet d'un article très sévère de Mercier (*Les Ribats et les marabouts dans l'Afrique du Nord*), dans *Rec. Not. et Mém. Soc. archéol. de Constantine*, 1900) que nous nous faisons un devoir de signaler au lecteur, mais nous devons ajouter que nous n'acceptons aucune des critiques de l'auteur : il n'apporte, du reste, à l'appui de ses allégations, aucun fait nouveau, et nos dernières observations nous obligent, malgré son autorité, à persister dans toutes nos thèses.

les zaouias annexées à ces tombes et a un caractère essentiellement local, bien qu'on ait appliqué à la construction des grands tombeaux les règles architecturales des mosquées. De celles-ci, nous n'avons, au point de vue strictement religieux, que peu de chose à dire : leur disposition intérieure ne paraît pas différer sensiblement de celle des types classiques de mosquées, mais l'impossibilité pour les chrétiens d'entrer dans ces édifices, et même souvent d'en approcher, ne permet pas de parler de ce sujet en connaissance de cause. C'est tout juste plupart des édifices religieux sont situés dans un *horm* ou quartier sacré, dont l'accès est interdit aux mécréants, juifs ou chrétiens. A Merrâkech, au contraire, la ville est suffisamment étalée pour qu'on puisse admirer de loin quelques beaux minarets, au premier rang desquels il convient de citer la Koutoubia, qui est probablement le plus beau monument du Maroc; elle est entourée de terrains vagues et son minaret a vraiment grand air (fig. 3). Il ne peut être comparé qu'à la Giralda de Séville ou à la tour de Hassan de Rabat. Mais cette

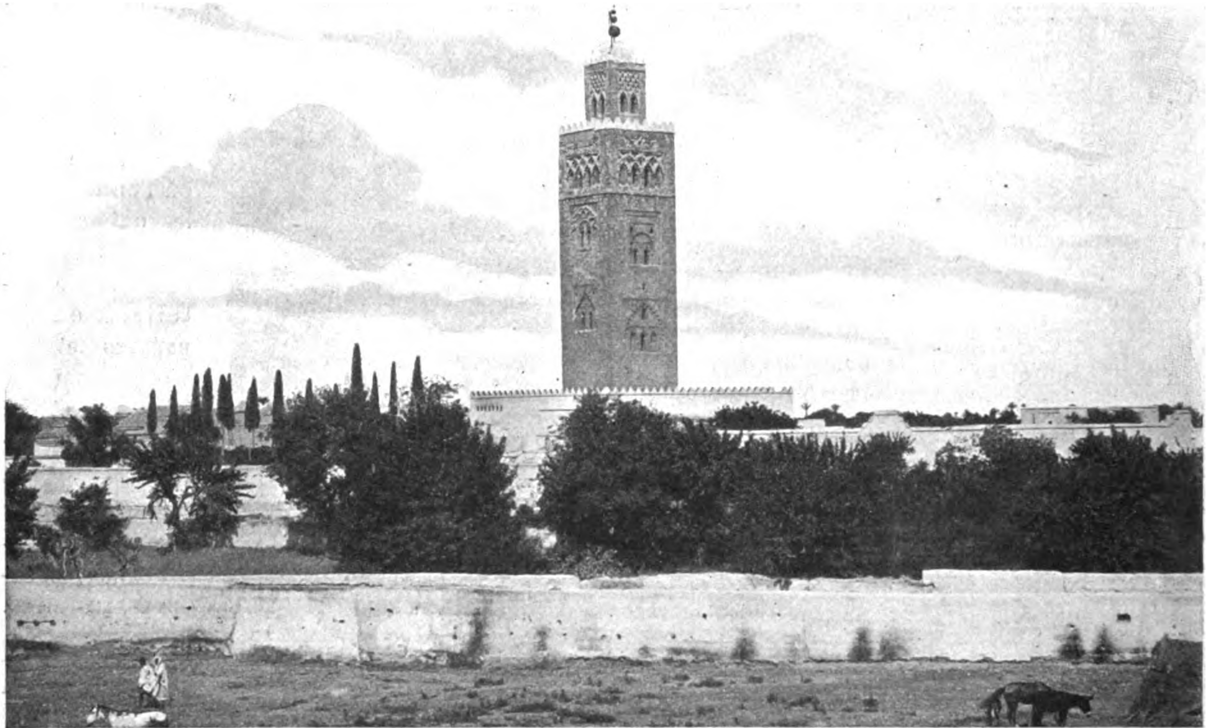


Fig. 3. — *La Koutoubia, à Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

si, en passant devant la mosquée d'El Karaouîn, à Fez, on peut apercevoir la disposition extérieure et les innombrables travées et les colonnades, analogues, semble-t-il, à celles de la cathédrale de Cordoue. De même, à Merrâkech, on peut, en passant dans la rue de la Kasba, plonger les regards dans la célèbre *Jâma el Mançouri* (fig. 2), mais sans pouvoir se rendre un compte exact de la disposition. Si les mosquées mêmes sont inaccessibles, du moins l'observateur peut-il contempler les minarets qui sont, après tout, une des parties les plus intéressantes de la mosquée. Cependant, à Fez, les maisons de la ville sont tellement pressées les unes contre les autres que cette observation même est difficile, à cause du manque de recul : ajoutez à cela que la dernière, minaret d'une mosquée énorme, ne fut jamais terminée et on n'est pas frappé, comme devant la Koutoubia, par l'harmonie de proportions heureuses. Koutoubia, Tour de Hassan, Giralda de Séville sont, du reste, l'œuvre d'un même souverain almohade. Les autres minarets du Maroc se rapportent, en général, au genre tlemcénien, petit, trapu, à campanile souvent d'une hauteur exagérée; on peut en donner comme type le minaret de la mosquée de Chella, près de Rabat. Méquinez et Fez renferment des minarets de construction plus récente, à formes plus élancées, et la zaouia de Ouezzân possède un haut minaret polygonal.

Les tombeaux des saints sont plus faciles à étudier que les mosquées; la forme la plus élémentaire de

ces intéressants monuments est le *haouch* ou simple cercle de pierre, interrompu sur son pourtour, de manière à former une porte. Tissot a fait remarquer avec raison que le haouch rappelait singulièrement le cromlech : il est cependant de dimension beaucoup plus réduite. Au milieu du haouch, qui s'élève souvent à peine au-dessus de la terre, se trouvent des lampes en terre, des vases à parfums où l'on brûle de l'encens et du benjoin quand on vient prier. Très souvent, nous l'avons dit, le haouch, comme les autres formes de tombeaux, est en relation avec un rocher, un arbre, une source. Une pyramide de pierre s'élève parfois au milieu.



Fig. 4. — *Sanctuaire de Sidi el Cheffaj, près Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

La *haouita* est un monument funéraire d'un degré plus élevé : elle consiste en une petite enceinte bâtie en carré, avec une porte, mais à ciel ouvert, le tout ordinairement à hauteur d'homme. Tantôt la haouita est en pierres sèches, tantôt en terre battue, tantôt en maçonnerie, souvent avec des créneaux : elle est parfois très élevée. De cette dernière forme au sanctuaire couvert, avec une bordure de créneaux, il n'y a qu'un pas à franchir; ce sont surtout les vieux tombeaux qui sont ainsi construits (fig. 4); mais les plus fréquents, au lieu d'un plafond horizontal, ont une coupole, *koubba*, soit hémisphérique, soit ovoïde : la nature des matériaux influe d'ailleurs beaucoup sur la forme de cette construction. Les koubba parsèment le Maroc entier de leurs taches blanches; elles sont des points de repère commodes et se trouvent habituellement près des villages, des marchés, des gîtes d'étapes. Cependant nombre de ces édicules sont construits sur un sommet; nous n'évoquerons pas ici l'ancien culte des Hauts-Lieux : toutefois, il est intéressant de faire remarquer qu'un très grand nombre de sanctuaires, de toutes formes du reste, sont bâtis sur des sommets élevés. Mais ne peut-on faire la même remarque chez nous et s'abstenir de chercher ici inconsidérément des survivances? Notre-Dame d'Afrique, à Alger, où nous traçons ces lignes, Notre-Dame de Bon-Secours à Rouen, Notre-Dame de la Garde, à Marseille, et tant d'autres sont également construites sur des hauteurs. Dans le haouch, rien ne marque extérieurement la tombe du saint; dans la haouita, il y a d'habitude une tombe plus ou moins rudimentaire analogue à celle des musulmans ; dans la koubba, il y a non seulement une tombe, mais souvent aussi un catafalque recouvert de draperies plus ou moins riches; des niches creusées dans les murs contiennent les lampes en terre; aux angles se trouvent les drapeaux multicolores que l'on sort pendant les processions; souvent aussi, on est stupéfait de trouver là une grosse horloge haute, en bois peint, de fabrication européenne. Dans certains grands marabouts, il y en a plusieurs et Harris affirme avoir entendu dans quelques mausolées de saints le tic-tac de 50 à 60 horloges! Les grands mausolées, comme celui de Moûlaye Idris, au Jebel Zerhoûn, par exemple, sont d'une richesse d'ornementation qu'on ne rencontre pas dans les mosquées.



Fig. 5. — *Vue de la zaouia de Moûlaye-Idris, dans le Jebel Zerhoûn* (Cliché de M. Doutté.)

A la tombe d'un marabout, viennent souvent s'adjoindre les habitations de ses descendants, une école, une petite mosquée : cela forme dès lors ce qu'on appelle une zaouia. Nous avons dit plus haut ce qu'étaient les zaouias et les services qu'elles rendaient aux populations; par extension, on applique souvent le nom de zaouia à tout un village qui s'est groupé sous l'autorité des descendants du marabout : ainsi, ce

qu'on appelle la zaouia de Moûlaye Idrîs dans le Zerhoûn est une véritable petite ville (fig. 5). Les zaouias tirent leurs revenus presque uniquement de la *ziâra*, c'est-à-dire des offrandes faites par les fidèles; dans les villes elles ont aussi de nombreux *hobous*, c'est-à-dire des immeubles dont le revenu leur appartient et dont la propriété est réputée appartenir à Dieu. Les mosquées sont également entretenues à l'aide de *hobous*, qui sont des boutiques, des *fondaks* ou caravansérails, etc... Un des privilèges des zaouias, comme des mosquées, du reste, est le droit d'asile. Elles servent ainsi de refuge à un grand nombre d'individus poursuivis, le plus souvent des meurtriers, que l'on n'ose pas y inquiéter. Cependant, quand il s'agit d'un crime ou délit politique, le Makhzen viole souvent le droit d'asile en faisant enlever de force l'intéressé du sanctuaire; mais on y regarde à deux fois avant d'employer ce moyen extrême. Aussi, lorsqu'on poursuit quelqu'un que l'on veut emprisonner, on commence par lui barrer le chemin des zaouias. Certaines agglomérations autour des zaouias sont presque uniquement formées de réfugiés : Tît, près de Mazagan, avec sa zaouia des Beni-Moghar, en est un exemple; la majeure partie de l'énorme population d'Ouezzân est ainsi formée de fugitifs qui ont cherché un abri près de la zaouia des Touhâma.

Les quatre grandes fêtes musulmanes sont, on le sait : 1° *Achoûra*, qui tombe le 10 de moharrem. On commémore en ce jour, disent les théologiens, la réunion d'Eve et d'Adam qui, après avoir été expulsés du paradis, se cherchèrent pendant deux cents ans sans se trouver, la sortie de Noé de son arche et la mort de Hoséin, petit-fils de Mahomet, qui trouva le martyre à Kerbela en 61 de l'hégire. La croyance marocaine est, d'après Mouliéras, que ce jour-là, Dieu a sauvé, protégé dix grands prophètes : Moïse, en le sauvant des eaux; Abraham, en apaisant la fournaise dans laquelle il avait été précipité; Salomon, en lui restituant son fameux anneau; Adam, lors de ses démêlés avec le Diable; David, qui avait perdu sa couronne; Idrîs, en le gardant dans le paradis; Job, en l'arrachant à ses épreuves; Jonas, à son poisson; Noé, en le prévenant du déluge et Jésus en empêchant les Juifs de le crucifier; 2° *El Moûloûd*, ou la naissance du Prophète; c'est une fête à laquelle on a toujours, dans le Maghrib, donné un éclat tout particulier. On célèbre aussi la fête de la nativité de la plupart des très grands saints, que l'on place généralement aux environs de la fête du Moûloûd. On a même signalé une fête de la Toussaint marocaine, qui, chez les Jebâla, serait célébrée sept jours après le Moûloûd ; 3° *L'Aïd es-Seghir*, c'est-à-dire la petite fête, qui se célèbre après la rupture du jeûne de Ramadan : en dépit de son nom, c'est peut-être la plus grande fête de l'année : les réjouissances y sont en proportion des privations d'un mois et demi de jeûne. Quelques jours auparavant, pendant la nuit du 27 Ramadan, on commémore la date à laquelle furent révélées les plus anciennes sourates du Coran. C'est pendant cette nuit-là que Dieu règle le cours des événements pour l'année. Elle se passe en prières dans les mosquées; une animation extraordinaire règne dans les rues : on prétend que, pendant cette nuit, la porte du ciel s'ouvre un instant et que les fidèles attentifs peuvent en contempler les splendeurs; 4° *L'Aïd el Kebir*, c'est-à-dire « la grande fête » ou *Aïd el Qorbân*, c'est-à-dire « la fête des sacrifices » qui tombe le 10 du mois de Dou-l-Hidjja, le jour même où, au cours des cérémonies du pèlerinage de la Mecque, ont lieu les sacrifices des pèlerins à Mina. Il n'est si pauvre famille qui, lors de cette fête, ne tienne à honneur d'égorger son mouton. Ce sacrifice est généralement accompagné de la recherche de présages dans l'écoulement du sang ou dans la contexture de l'omoplate de la victime. Ce jour-là, le sultan se rend solennellement lui-même au *msalla* pour procéder au sacrifice (fig. 6). Sous le nom de msalla on désigne spécialement au Maroc la place où se tiennent les fidèles lors de certaines grandes cérémonies, pendant lesquelles l'affluence est si grande que la mosquée ne peut contenir qu'une infime partie de la foule des croyants. Dans quelques villes, le *msalla* est pourvu d'une construction spéciale qui consiste en un mur, dans lequel est creusé un mihrâb : à côté est un escalier qui permet à l'imâm de s'élever de quelques degrés pour dominer la foule et prononcer la khotba ou prône. C'est là que, chaque année, a lieu la cérémonie officielle du sacrifice, que chaque famille répète chez elle : le mouton est amené et le couteau est plongé dans sa gorge; aussitôt on se saisit de lui et on le mène en courant aussi vite que possible chez le cadi; s'il vit encore en arrivant, c'est un présage de bonheur; sinon, c'est mauvais signe : dans le premier cas, le cadi lui donne le coup de couteau final.

Les sacrifices sanglants sont, du reste, usités en mainte autre occasion au Maroc : on sacrifie aux tombeaux de tous les marabouts des poules, des moutons, des bœufs suivant la condition du sacrifiant; on sacrifie en bâtissant une maison; on sacrifie lorsque l'on conclut un contrat de *zetâta* (voy. la *Revue*, p. 134); on sacrifie sur le seuil de l'individu dont on veut se concilier les bonnes grâces; une tribu qui demande du secours à une autre fait un sacrifice public sur le marché de celle-ci : il y a encore là toute une série de survivances de rites très anciens. De semblables vestiges d'anciennes cérémonies religieuses se montrent en différentes fêtes, que l'on célèbre non pas à des dates déter-

minées du calendrier musulman, mais à certaines époques de l'année solaire. On sait, en effet, que l'usage du calendrier julien s'est conservé dans les tribus de l'Afrique du Nord : les Rifains, les Brâber, les Chleuh n'en connaissent pas d'autre. C'est ainsi qu'ils célèbrent, au mois de janvier, une fête sous le nom de *Iennaïr* : quelques jours auparavant, il y a chez certaines tribus, paraît-il, un *Moûloûd Aïssa* ou « Nativité de Jésus » (Mouliéras) ; nos feux de la Saint-Jean sont connus des Marocains, qui allument de grands feux vers la même époque ; à Merrâkech, cette coutume des feux a été replacée

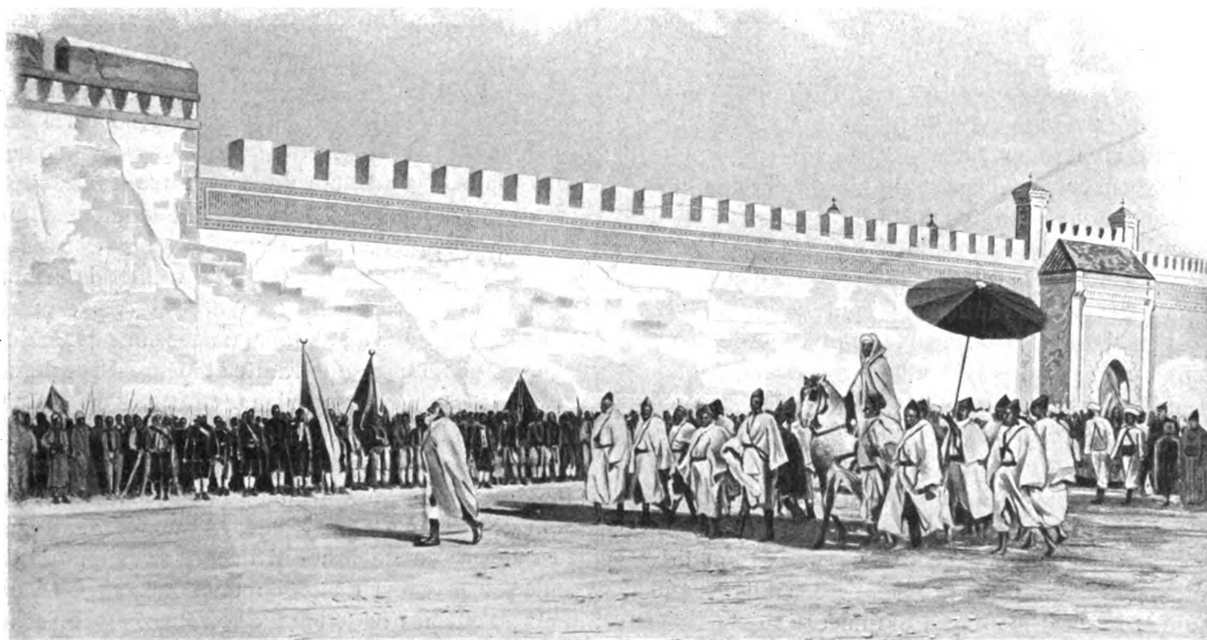


Fig. 6. — *A l'Aïd el Kebir : le cortège du Sultan passant devant les troupes de Sir Mac Lean.* (Cliché de M. Veyre.)

dans le calendrier musulman et c'est à Achoura qu'on les allume, tandis que, vers le 24 juillet, au lieu de faire des feux, on se jette mutuellement de l'eau, cérémonie également très répandue dans l'Afrique du Nord. Les fêtes agraires sont égale ment très répandues : la fête des fèves est spécialement célébrée par les nègres, qui portent solennellement dans les rues des bâtons garnis de fleurs de fèves; des rogations avec processions dans les champs ont lieu à peu près partout. Certaines tribus promènent dans la campagne une sorte de poupée habillée, etc. N'oublions pas non plus le singulier « carnaval », célébré partout au Maroc et qu'on ne retrouve que çà et là dans l'Afrique du Nord. Au Maroc, il a lieu à différentes époques de l'année, variables suivant les régions, à l'Aïd es-Seghîr, à l'Aïd el Kebîr, à Achoûra, à la Mi-Chaabân... Dans les campagnes, le carnaval se compose de scènes burlesques et obscènes, jouées par des acteurs de bonne volonté, et qui représentent généralement un mari grotesque, sa femme, un juif, et surtout un cadi, qui rend des jugements ridicules. Dans les villes, le spectacle est un peu moins grossier : c'est une sorte de « revue » de l'année qui se joue et les épigrammes à l'adresse des plus grands personnages de l'Etat sont de mise : le Makhzen les tolère et même le Sultan fait entrer dans les dépendances du palais les acteurs et prend plaisir à les écouter. Ministres, caïds, commerçants chrétiens, ambassadeurs, missions militaires européennes, rien n'est épargné, et les satires se succèdent au milieu des éclats de rire. Quelle est l'origine de ce soi-disant carnaval? Il est difficile, dans l'état actuel des recherches, de se prononcer à ce sujet.

Les pèlerinages aux tombeaux des saints sont une des occasions de fêtes les plus fréquentes au Maroc. Des tournées ont lieu tous les ans, pour visiter en commun les différents tombeaux d'une région. Il y a, par exemple, un pèlerinage des Regrâga dans la région de Mogador, au cours duquel on visite les tombeaux de marabouts ainsi nommés. Ces tournées, dirigées par des talebs et auxquelles

prennent part des étudiants mendiants, porteurs de drapeaux, sont souvent appelées *nezâha* : à Merrâkech, une fois par semaine, a lieu la *taïfa*, tournée effectuée dans la ville et au cours de laquelle on visite tous les sanctuaires de marabouts. Chaque marabout, dans les tribus, a son *moussem*, ou fête annuelle, qui est l'occasion de nombreuses réjouissances et de repas offerts sous le nom de *ouaada*, mot désignant proprement un repas qui est la conséquence d'un vœu ; pendant plusieurs jours souvent, les sacrifices et les festins, auxquels tous les pauvres ont leur part gratuite, se succèdent sans interruption[1].

IV. — Les congrégations, le clergé.

Dans toute société il se forme généralement des groupements qui ont un objectif spécialement religieux; les membres de la société sont trop occupés de leurs intérêts, trop engagés dans le siècle, pour pouvoir accomplir intégralement tous leurs devoirs religieux. Il arrive donc qu'un petit nombre d'individus assument sur eux cette lourde tâche, prient pour leurs contemporains, méritent pour eux l'intervention divine, expient enfin par des pratiques ascétiques les infractions aux lois divines commises par leurs frères profanes. Telle est, semble-t-il, la raison d'être générale des sociétés religieuses : mais elles sont plus ou moins fermées, elles ont plus ou moins de rapports avec le monde qui les entoure. Si la définition que nous avons donnée peut convenir aux sociétés religieuses de l'Islâm, il semble bien qu'à ce dernier point de vue elles soient très différentes des ordres religieux chrétiens : tandis que la plupart de ceux-ci sont plus ou moins cloîtrés dans des monastères ou enfermés dans des règles rigides qui les séparent du siècle, les confréries musulmanes sont, au contraire, très ouvertes, au point qu'au Maroc, il n'y a pas un individu qui ne se considère comme se rattachant à l'une d'elles : la fonction religieuse que nous signalions est, dans ce cas, remplie par le groupe des frères qui paraissent effectivement dans les cérémonies et se livrent spécialement aux pratiques plus ou moins mystiques de la confrérie. Au reste, notre définition est loin d'être assez compréhensive pour s'étendre à toutes les fonctions que la confrérie peut être appelée à remplir dans la société musulmane de l'Afrique du Nord et en particulier du Maroc. Malgré des travaux remarquables, le dernier mot n'a pas été dit à ce sujet et la question nous paraît une des plus difficiles qui soient. Dans ces derniers temps, une légende s'est créée dans le public au sujet des confréries, et on les a représentées comme des sociétés secrètes des plus dangereuses, poursuivant par des voies souterraines un but politique. Il importait de réagir contre une idée aussi fausse, qui, à l'heure actuelle, égare encore non seulement l'opinion publique, mais parfois aussi celle des hommes d'Etat. Entraîné nous-même dans l'ardeur de cette réaction jugée nécessaire, nous avons peut-être exagéré : il n'est pas impossible que certaines sociétés prennent le caractère de société politique secrète, l'histoire nous en fournit de célèbres exemples ; d'autre part, le mystère religieux pourrait bien exister à l'origine de la plupart de nos confréries, au moins dans l'Afrique du Nord. Ce qui est inexact, c'est de dire d'une façon absolue qu'à l'époque actuelle les confréries de ce pays offrent le caractère de sociétés secrètes et spécialement de sociétés politiques secrètes présentant un danger pour la sécurité de nos possessions[1]. La persécution administrative dont les sociétés ont été parfois l'objet en Algérie a pu cependant contribuer à leur donner des allures clandestines, mais au Maroc, où elles sont généralement libres de toute contrainte et même respectées, elles ne ressemblent en rien, suivant l'expression de Le Châtelier, à des « conjurations permanentes ». Ces réserves faites, nous demanderons la permission de rester très sobre d'appréciations générales sur le rôle des confréries et de présenter simplement au lecteur celles qui ont le plus d'adeptes dans l'empire des Chérifs, où elles sont extrêmement répandues sous toutes leurs formes et connues sous le nom de *tâïfa*.

[1] **Littérature.** — Il n'y a, à notre connaissance, aucun travail spécial sur ces questions. Il faut recourir au dépouillement des auteurs que nous avons déjà cités; encore ce dépouillement ne sera-t-il pas bien fructueux. Mouliéras, *Maroc Inconnu*, est l'auteur où on trouvera le plus de détails; voir en particulier la description du carnaval chez les Rifains et les Jebâla (I, 106; II, 608).

[1] Les nouvelles études que nous avons poursuivies, tant au Maroc qu'en Algérie, depuis que cette phrase a été écrite, nous disposent à en atténuer aujourd'hui la portée. Le caractère secret nous apparaît comme étant un élément essentiel des congrégations musulmanes. Quant au caractère politique, il est assurément contraire à toutes leurs doctrines. Mais il importe de faire ici deux remarques : premièrement, la concurrence que se font les diverses congrégations les obligent à chaque instant à faire appel, pour se recruter des clients, aux passions politiques et à la haine du chrétien; en deuxième lieu, l'organisation de ces confréries étant la seule organisation sérieuse qui se rencontre en pays musulman, toute ambition politique cherche nécessairement à s'appuyer sur elles, de même que tout mouvement populaire de réaction contre les tentatives de pénétration européenne ne peut être qu'encouragé par les mokadden, sous peine de discrédit. Les congrégations musulmanes sont donc des cadres *éventuels* pour la résistance du fanatisme à la civilisation. Il en a sans doute été ainsi dans la révolte des derviches de la Haute-Egypte et le peu que nous savons de l'Islam nègre nous incline à penser que telle est peut-être aussi la direction que prennent les confréries en pays soudanais. Cf. à cet égard, les suggestions contenues dans notre article (anonyme) sur *Les Senoussia* dans le *Bull. Com. Afr. Fr.*, avril 1902, *Renseign. colon.*, n° 3, p. 53 et suiv. (*Note ajoutée pendant l'impression.*)

Une confrérie plus que les autres sollicite notre attention : nous voulons parler de celle dont le chérif de Ouazzân est le chef, que nous appelons en Algérie l'ordre des Taïbia et que les Marocains appellent les Touhâma. Cette confrérie, une des mieux organisées, des plus cohérentes et des plus centralisées, comme l'ont bien marqué Depont et Coppolani, compte des milliers d'adhérents au Maroc, en Algérie et jusque dans le Touât et le Sénégal. Il n'était pas possible à nos gouvernants, étant donnée l'influence de l'ordre en Algérie et la résidence de son chef hors de nos frontières, de se désintéresser des chérifs d'Ouazzân; il était tout indiqué de les englober dans notre sphère d'influence et d'en faire nos collaborateurs dans l'œuvre de la politique algérienne : aussi, lorsqu'en 1881 M. Ordéga, notre ministre au Maroc, fit bénéficier Moûlaye Abdesselâm, le grand-maître de l'Ordre, du droit consuétudinaire de protection, cette protection n'avait pas un autre sens que celui que nous venons de définir. L'importance des Touhâma au Maroc est considérable : ils ont eu longtemps une situation toute de faveur auprès du Makhzen, et si cette faveur subit une éclipse, ils restent cependant un facteur puissant dans la politique marocaine. Le Makhzen, du reste, ne les a pas écartés; il s'est borné à exploiter quelques-unes de leurs dissensions et à considérer comme leur représentant officiel un personnage désavoué par la majeure partie des chérifs d'Ouazzân; mais ceux-ci restent avec leur devise, peut-être un peu orgueilleuse : « Pas de sultan chez nous; pas de sultan sans nous. » Ouazzân, en effet, n'est pas une ville makhzen comme les autres; bien que le sultan y ait un représentant, il n'y est pas levé d'impôts et la ville est entièrement à la discrétion des chefs de la maison d'Ouezzân, qui sont au nombre de deux, Moûlaye Larbi, fils de Moûlaye Abdesselâm, chef spirituel de la confrérie, et Moûlaye Brahim, chef temporel, agréé en cette qualité par le Makhzen et se cantonnant d'ailleurs strictement dans ses fonctions d'administrateur. La vie privée de Moûlaye Abdesselâm, le dernier chef de l'ordre, avait offert quelques écarts : il s'habillait à l'européenne et se livrait à des excès de table qui eussent déconsidéré tout autre qu'un marabout de haute volée comme lui. La santé de son fils s'est ressentie de ses excès; on dit aussi que la sobriété de Moûlaye Larbi n'a pas toujours été exemplaire; toujours est-il qu'il ne joue aucun rôle actif et ne se montre presque jamais. Son fils Moûlaye Ahmed, que seconde en cela son propre frère Moûlaye Ali, s'occupe spécialement de tout ce qui concerne la direction et la politique générale de la confrérie et des chérifs. C'est donc entre leurs mains que le pouvoir est concentré et ils sont les personnages les plus puissants de la ville d'Ouezzân. Celle-ci est en pleine prospérité et se développe rapidement; elle doit compter actuellement au moins 12.000 habitants. En outre, les chérifs possèdent de nombreux *azîbs* (fermes) et un certain nombre de zaouias, non seulement dans le Gharb, mais jusque dans la région au sud de Mogador. Ainsi ils joignent à la puissance spirituelle que leur donne la direction d'une grande confrérie le pouvoir temporel qui résulte de la possession de la terre, et c'est la seule confrérie du Maroc qui soit dans ce cas.

Si les Touhâma sont en butte à l'hostilité du Makhzen, il n'en est pas de même des Tidjânia, qui sont, au contraire, une confrérie tout à fait bien vue. Un très grand nombre de fonctionnaires en font partie; le reste est fourni par le gros commerce. C'est l'ordre le plus « distingué », celui dont font partie les gens de bonne compagnie ; mais s'ils ont la bienveillance du Makhzen, ils sont tout à fait en dehors de la politique. Les Tidjânia sont répandus sur une aire immense au Maroc, en Tunisie, en Algérie, au Sahara et dans tout le Soudan occidental, mais l'ordre est sans cohérence. C'est ainsi que les zaouias du Maroc n'ont aucun rapport avec les grandes maisons tidjaniennes du Sud de l'Algérie, à Aïn-Mâdhi ou à Temacin. Les Kâdria sont une confrérie encore plus dispersée que les Tidjânia : ils se sont rendus célèbres dans la Haute-Egypte à la suite du Mahdi de Kartoum. Ils partagent l'empire spirituel du Soudan occidental avec les Tidjânia. Ils sont nombreux au Maroc où ils ont beaucoup de zaouias, comme dans le monde musulman entier; ils ont dans l'Afrique du Nord un caractère inoffensif. Au Maroc, on les voit souvent mendier; ils donnent également des séances où ils se livrent à des danses et à des exercices rappelant ceux des Aïssâoua, par exemple marcher sur des charbons ardents. Les Derkâoua sont considérés par tous les auteurs ayant écrit sur la matière comme une société religieuse très fanatique et dont l'activité est dirigée contre les chrétiens. Ce sont, en principe, des sortes de moines mendiants; ils revêtent des haillons et, munis d'un long bâton, ils parcourent les campagnes en mendiant et en déclamant contre les impies. Mais dans les villes du Gherb, un grand nombre de gens riches, instruits et fanatiques, font partie de la confrérie. Au reste, celle-ci n'a au Maroc aucun pouvoir politique sérieux; ses zaouias ne se trouvent guère que dans les villes et ne sont pas bien riches. L'ordre avait pris beaucoup d'importance avec Sidi-Ahmed el Hachem ben Larbi, chef de la zaouia de Metrâra près du Tafilelt. Il semble depuis s'être quelque peu désagrégé, mais on dit qu'il est en train de se reconstituer; bien que ses adeptes affectent toujours de se tenir en dehors de

toute affaire politique, on a retrouvé leur main dans plusieurs des insurrections algériennes.

Les Aïssâoua sont connus de tous les touristes pour leurs extraordinaires jongleries. Ils sont excessivement nombreux au Maroc, où ils jouent dans la religion un rôle de première importance; il n'y a pas de fête religieuse sans eux et la foule les entoure d'un respect superstitieux. Leur ordre se réclame de Sidi-Mhammed ben Aïssa, mort au XVIe siècle de notre ère et enterré à Méquinez. Méquinez est proprement la ville des Aïssâoua. Tous les ans, à la fête du Moûloûd, la ville leur appartient. Nous avons pu voir à cette époque leurs bandes fanatisées parcourant les rues, et ce spectacle barbare a quelque chose de pénible. Il se répète, du reste, mais avec moins de sauvagerie, dans toutes les villes où il y a des zaouias d'Aïssâoua. A Méquinez, la confrérie a vraiment une grande influence, à cause de la présence des descendants du saint qui jouissent naturellement d'un grand crédit. Mais ailleurs son influence ne répond nullement au tapage de ses manifestations. La clientèle des Aïssâoua est recrutée parmi les basses classes de la société; les fonctionnaires du Makhzen, sauf les *bokharis* et les nègres, n'en font pas partie. Les exercices des Aïssâoua sont bien connus : manger du verre pilé, s'enfoncer des poignards dans le corps, se brûler avec de l'étoupe enflammée, mais surtout jouer avec des serpents venimeux, telles sont leurs principales pratiques. Elles offrent un mélange de charlatanisme et de faits qui ne sont explicables que par les phénomènes d'hypnose. Aux Aïssâoua il faut rattacher : les *Hmâdcha*, bien connus dans toutes les villes, qui se frappent la tête avec des haches, et les *Dourouria*, qui reçoivent des boulets sur leur tête après les avoir lancés en l'air; ils figurent dans toutes les processions avec les Aïssâoua et sont une des *attractions* religieuses : nous les avons vus à Rabat se mettre la tête en sang, car bien qu'ils lancent très habilement leurs boulets de manière à en éviter la violence du choc, cependant les petites fractures du crâne ne sont pas rares et ils les supportent du reste facilement. Des exercices analogues sont accomplis par des confréries voisines, dans le détail desquelles il nous est impossible d'entrer : les *Riahîn* se donnent des coups de couteau dans le ventre sans que le sang coule, les *Raziîn* dansent sur le feu, les *Milianiîn*, les *Kasmiîn* se livrent à des jongleries du même genre.

Les nègres forment, sous le nom de *guenâoua*, des confréries spéciales où ils ont conservé la plus grande partie des superstitions soudaniennes : les cheveux ornés de coquillages, ils se livrent à des danses effrénées au son de grandes castagnettes de fer ou krâkeb; ils se réclament de Sidi-Mimoûn, dont on ne sait trop si c'est un saint ou un esprit. Les Drâoua, dont nous avons signalé les affinités avec les nègres, et les gens du Tâfilelt forment des confréries très analogues. Les Raziîn susnommés sont tous des Drâoua; les *Oulâd Sidi el Haouari*, les *Oulâd Sidi Bou-Nou*, les *Sadikiîn*, sont des confréries de même nature. Les seconds sont connus parce que, lorsqu'ils sont en proie à leur extase, ils montent dans les palmiers où ils s'agitent éperdûment. A côté de ces confréries formées surtout de compatriotes, il y a des confréries qui rappellent les corporations : telles sont les sociétés de *Rmâ* ou tireurs, qui donnent régulièrement des séances de tir sous le patronage de Sidi-Ali ben Nacer, enterré à Merrâkech; elles admettent les femmes parmi leurs membres. Les *Oulâd Sidi-Hammed ou Moûssa* sont des acrobates originaires du Soûs et du Tazerouält: ils sont répartis en troupes qui parcourent non seulement le Maroc, et l'Afrique du Nord, mais l'Europe et même l'Amérique; tous les ans, à l'époque du Moûloûd, ils reviennent en pèlerinage au tombeau de leur célèbre patron, dans le Tazerouält. Ces confréries ne sont déjà plus de véritables congrégations religieuses; on ne peut guère non plus compter comme telles les Heddâoua, sorte de corporation de mendiants, voleurs et débauchés, bien qu'ils se réclament de Sidi Heddi, enterré dans les Beni Aroûs (Jebâla), et bien qu'ils aient à la bouche quelques formules religieuses; vêtus de loques, abrutis par l'usage du kîf et de l'alcool, vivant avec quelques femmes dévoyées dans une immoralité profonde, ne prétendant rien que satisfaire les passions les plus grossières, ils font plutôt songer à quelqu'une de ces confréries de mendiants et de voleurs, comme il en exista chez nous au Moyen-Age.

Ainsi, d'une part, le culte des saints que l'orthodoxie a dû accepter et qui envahit toute la religion, absorbe et islamise tous les vieux cultes, toutes les vieilles pratiques magiques ou religieuses; il les fond en y ajoutant cette notion du chérifat qui domine tout ce que nous avons appelé le maraboutisme. D'autre part, les congrégations musulmanes ont absorbé toute autre forme d'association et monopolisent en quelque sorte le mysticisme : de là leurs aspects si divers et la difficulté de les définir en une formule précise. A côté de cela, le clergé officiel est bien effacé. Il n'est pas, du reste, organisé autrement au Maroc que dans les autres pays musulmans. Des imâms dirigent la prière publique et prononcent, le vendredi, la *khotba* ou prône au nom du sultan; des *mouddens* (*muezzins*) sont chargés de crier l'appel à la prière du haut des innombrables minarets de chaque ville; des *mouekkits* sont chargés d'indiquer les heures et de déter-

miner les mois ; un *nâder el jouâma* centralise les revenus des mosquées et les verse dans les caisses du Makhzen ; les imâms sont à la nomination du cadi ; les grandes mosquées en comptent plusieurs. Mais tout ce clergé a peu d'influence, si l'on excepte celle que ses membres peuvent tirer de leur situation personnelle et non de leurs fonctions. Ces emplois sont cependant fort courus, quoiqu'ils ne soient pas rétribués, sauf la légère indemnité que touchent les imâms en remboursement de leurs menus frais ; mais ils confèrent un certain nombre de privilèges, de petites faveurs et une certaine considération.

La considération s'attache surtout aux savants qui sont chargés de professer dans les grandes médersas ou universités ; la principale médersa de Merrâkech est celle de Ben Yoûssef ; elle est à bon droit réputée, mais la renommée d'El Karaouîn, à Fez, est universelle. Elle est également ancienne et elle était citée au Moyen-Age au premier rang des grandes écoles de l'Islâm. De cette antique splendeur, il ne reste plus que la façade ; quelques cours de Coran, de droit et de grammaire sont, au dire de M. Mouliéras, les misérables vestiges de l'ancienne université. L'enseignement y est étroit, inaccessible à tout esprit critique, fermé à tout progrès, concentré dans l'étude de quelques livres anciens, que des savants commentent et recommentent en se copiant invariablement les uns les autres. Chose curieuse, le *tefsir*, le commentaire du Coran, n'est pas enseigné au Maroc ; nous ne savons s'il existe à ce sujet une défense formelle du Gouvernement marocain, mais c'est en tout cas une tradition qui a force de loi : le Makhzen craindrait que les commentateurs du Coran ne pussent en arriver à des interprétations fâcheuses pour l'état de choses actuel et susceptibles de légitimer des mouvements séditieux. Depuis un certain nombre d'années, une presse à autographier est installée à Fez et une centaine d'ouvrages ont été publiés. On ne trouve dans cette collection que l'indigent bagage d'une orthodoxie étroite ; et toutes ces publications ne sont, du reste, sauf quelques ouvrages de mysticisme et des biographies de saints, que des rééditions d'ouvrages anciens. Cependant, il y a là un commencement, et la puissance de la presse est tellement grande qu'il ne faut pas désespérer de voir se produire un jour ou l'autre, un mouvement littéraire dont les conséquences seraient incalculables[1].

Edmond Doutté,
Chargé de Cours
à l'Ecole supérieure des Lettres d'Alger

ÉVOLUTION DOCTRINALE DE LA PELADE

LA THÉORIE TROPHONÉVROTIQUE DE M. L. JACQUET

La pelade est à un tournant intéressant de son histoire : la doctrine classique recule devant une nouvelle théorie, née d'une minutieuse observation, d'une induction rigoureuse, et dont chaque jour amène la confirmation. En face de la vieille hypothèse de la pelade parasitaire se dresse la notion de la pelade trophonévrotique, rénovée et précisée par M. Jacquet, et établie par lui sur une base solide. Il nous a semblé intéressant, vu l'intérêt biologique, thérapeutique et sociologique de ce sujet, d'exposer l'état actuel de la question et de passer en revue les différents éléments de la controverse dont elle est l'objet.

I

Bazin, le premier (1853), émit l'opinion de la nature parasitaire et contagieuse de la pelade ; enracinée dans l'esprit médical français, elle a pris la valeur d'un dogme ; ce n'est là cependant qu'une hypothèse, née d'une grossière ressemblance de l'alopécie avec les teignes à champignons, qui causent, non une véritable dépilation, mais des fractures multiples de poils.

La pelade ainsi décrétée parasitaire par Bazin,

---

[1] **Littérature.** — On consultera les ouvrages généraux de Rinn, *Marabouts et Khouan*, Alger, livre fondamental, et de Depont et Coppolani : *Les confréries religieuses musulmanes*. Alger, 1897, complément indispensable du premier et dans lequel on puisera la bibliographie. Nous ajouterons à celle-ci l'ouvrage de A. Le Chatelier : *L'Islam dans l'Afrique occidentale*, Paris, 1899, nécessaire pour les confréries du Soudan, comme terme de comparaison. Nous signalerons, en outre, trois bons travaux spéciaux aux Maroc : Quedenfeldt : *Abergl. u. halbrelig. Brudersch. b. d. Marokkanern*, dans *Verhandl. d. Berl. anthr. Gesellsch.*, 1888 ; Cat : *L'Islamisme et les confréries religieuses au Maroc*, dans *Rev. des D.-M.*, 15 septembre 1898 ; Montet : *The religious orders of Morocco*, dans *Asiat. Quart. Rev.*, janvier 1902. Sur les Heddâoua, voir spécialement, outre Quedenfeldt, Mouliéras : *Mar. Inc.*, t. II, et sur les Rmâ, les Oula Sidi Hammed ou Moussa, Quedenfeldt : *Die Corporat. d. Uled Sidi Hamed u. Mûssa u. d. Orma im südl. Marokko*, dans *Verhandl. d. Berl. Gesellsch. f. Anthr.*, 1889, p, 572. L'Université de Fez a été le sujet du travail de Delphin : *Fas, son université et l'enseignement supérieur musulman*. Oran, 1888. M. Mouliéras a été envoyé en mission au Maroc pour étudier le même sujet, et il annonce comme prochaine la publication de ses résultats.

de nombreux observateurs prirent à tâche d'en déceler l'organisme causal; ils en décrivirent plusieurs; le seul dont la valeur étiologique soit encore aujourd'hui soutenue est le microbacille séborrhéique, découvert par Unna et Hodara, trouvé par Sabouraud en 1896 dans les follicules sébacés de certaines pelades et considéré par lui comme l'agent pathogène. Ce rôle pathogénique, discuté par les uns, nié par les autres, restreint par l'auteur lui-même, semble aujourd'hui définitivement controuvé.

En 1888, M. E. Besnier étudia la contagion dans un Rapport à l'Académie de Médecine, Rapport audessus de tout éloge et qui fixa pour une certaine période la conception de la pelade; il s'y montra d'une prudence avisée dans l'appréciation des épidémies et posa des conclusions pleines de sagesse et de libéralisme.

Mais les défenseurs du parasitisme crurent trouver dans les relations de contagions et d'épidémies peladiques des arguments irréfragables à l'appui de leur théorie. En réalité, aucune n'est indiscutable et la plupart sont manifestement erronées. Les classiques exemples de contagion, si souvent invoqués, sont sans portée; la description, même macroscopique, de l'alopécie, y est insuffisante pour convaincre le lecteur qu'il s'agit de pelade; surtout, la contagion n'est pas prouvée : le médecin ne l'admet jamais que sur les simples affirmations de ses malades, qu'il considère comme des preuves. Cette contagion, on l'invoque du reste de moins en moins, aujourd'hui que l'on en exige des preuves rigoureuses.

Quant aux relations d'épidémies de pelade, elles sont entachées des mêmes vices que les observations de contagion limitée. Elles ne sont pas très nombreuses, si l'on ne tient compte que de celles qui, à défaut d'une authenticité rigoureuse, présentent un certain degré de vraisemblance; encore celles-ci se volatilisent-elles devant une enquête critique et minutieuse. Elles n'existent pas plus dans les écoles que dans les casernes. On doit à M. Sabouraud une judicieuse réfutation de toutes celles qu'il fut appelé à contrôler, soit à Paris, soit en province. M. Dauzats les a fort bien étudiées; guidé par un contagionniste, contagionniste lui-même, travaillant dans un laboratoire de bactériologie, il a dû, après d'impartiales recherches, conclure à leur inanité.

Si l'observation n'étaie pas l'hypothèse parasitaire, l'expérimentation ne lui apporte non plus aucun appui. Bien des fois on a tenté d'inoculer la pelade à des sujets sains; aucun des essais faits dans de bonnes conditions de technique et de contrôle n'a été suivi de succès. Après plusieurs essais infructueux d'auto-inoculation, M. Jacquet a fait sur trois de ses élèves, MM. Broquin, Chatin et Péchin, et sur lui-même quarante-cinq tentatives d'inoculation avec une douzaine de pelades récentes et non traitées, et cela dans des conditions de choix. Deux de ses tentatives, outre la friction du cuir chevelu préalablement râclé à la lame de verre, ont comporté le cathétérisme de quarante follicules pilo-sébacés; chaque fois l'aiguille de platine était chargée de substance séborrhéique prélevée sur une pelade adressée à M. Jacquet par M. Sabouraud, qui la considérait comme particulièrement capable de contagionner : toutes les tentatives sont restées vaines [1].

L'hypothèse du parasitisme est encore à vérifier; elle est inadmissible dans l'état actuel de la science. D'où vient donc qu'elle ait pris un essor si prodigieux, une importance pour ainsi dire dogmatique? La faute en remonte à Bazin, dont l'assimilation des pelades aux teignes fut féconde en erreurs. Sur la foi de ce maître, les observateurs se mirent en quête d'un parasite.

La découverte du trichophyton les encouragea. L'essor des doctrines pastoriennes stimula leurs efforts.

Les médecins, imbus de la notion de parasitisme, la répandirent dans le public, qui, à son tour, la leur restitua en d'innombrables affirmations; ainsi prirent corps les récits d'épidémies et de contagions.

II

Ces récits furent pour les cliniciens français autant de preuves de leurs idées préconçues. Aussi accordèrent-ils peu d'attention aux faits, pourtant nombreux, qui, excluant tout parasitisme, dénonçaient la participation du système nerveux aux lésions peladiques. Tandis qu'à l'Étranger, l'origine nerveuse de l'alopécie en aires, soupçonnée par Bœrensprung, dès 1858, s'affirmait et se répandait, le parasitisme se maintenait en France, malgré les efforts d'Horand et d'Ollivier. Cependant Max Joseph et Mibelli produisaient chez l'animal, en sectionnant la branche postérieure du deuxième nerf cervical, des alopécies analogues à la pelade humaine. Des lésions nerveuses accidentelles entraînaient les mêmes conséquences. On voyait des pelades succéder manifestement à des traumatismes, coups ou chutes sur la tête, ou s'associer à diverses affections nerveuses, centrales et périphériques. Plusieurs auteurs mentionnaient des pelades consécutives à des chocs psychiques; d'autres constataient que toutes les maladies générales, infectieuses, dyscrasiques, cachectisantes, peuvent, en l'absence de toute complication ner-

[1] Jacquet : Communication orale.

veuse, provoquer ou favoriser l'apparition de l'alopécie en aires.

Tous ces faits isolés justifiaient la théorie trophonévrotique; mais celle-ci restait à l'état d'ébauche, purement empirique, et manquait d'un substratum. Reprenant à nouveau l'étude de la dermatose dans une série de recherches rigoureuses, M. Jacquet sut donner à la théorie dystrophique, jusqu'à lui fort vague, une base clinique et anatomo-physiologique positive. Un grand nombre d'observations consciencieuses, minutieuses, fruits d'une investigation plus pénétrante que les enquêtes de ses devanciers, lui ont servi à édifier sa théorie personnelle de l'origine nerveuse de la pelade. Je vais résumer maintenant sa doctrine en synthétisant les faits connus essentiels et la riche moisson qu'il a ajoutée aux notions classiques.

III

Se dégageant de la simple étude de la lésion locale, M. Jacquet montra, tout d'abord, qu'au niveau de la plaque glabre, la dépilation n'est pas tout : il s'y associe toute une série de troubles, mal définis, parce que mal recherchés, et qui forment un ensemble morbide dont la flaccidité, « l'hypotonie » de la peau et des tissus mésodermiques est le principal élément[1]. Toutes les parties constituantes de la peau au niveau de l'aire peladique sont, en effet, frappées de dystrophie. Des modifications excrétoires, séborrhée, hyperhydrose, ou, au contraire, astéatose, anhydrose, révèlent les troubles des glandes cutanées. Les vaisseaux de tous ordres sont également atteints. Les capillaires peuvent être le siège d'une vaso-dilatation qui se traduit parfois par une érythème précoce, fugace ; bien plus souvent, une vaso-constriction les resserre, engendrant une anémie cutanée qui donne aux plaques une blancheur éburnée, assez typique. Les tissus veineux sont distendus sous forme de petites varicosités superficielles, flexueuses, ou de dilatations cylindriques des troncs sous-dermiques. Les altérations fonctionnelles des nerfs se manifestent, tantôt par de véritables névralgies, tantôt par une hyperesthésie ou, au contraire, une anesthésie de l'épiderme et du tissu sous-cutané. Quant à la trame dermique, elle est atrophiée dans son ensemble : la peau, affaissée, donne au toucher la sensation cupuliforme; elle est, en même temps, toujours atone, inélastique et souvent flasque; on peut la mobiliser et la plisser sur le plan osseux sous-jacent beaucoup plus facilement qu'à l'ordinaire. Tous ces troubles hypotoniques ne doivent pas être séparés de la dépilation elle-même ; ils constituent une véritable *atmosphère peladique locale*, dont diverses causes lointaines et fondamentales semblent favoriser la formation.

Un état d'excitation ou, au contraire, de dépression dénote souvent chez les peladiques un déséquilibre nerveux ; le surmenage, les émotions, des chocs moraux variés, précèdent parfois l'apparition de leur dermatose.

Ainsi se manifeste une altération de l'état général, dont l'étude urologique fait soupçonner la cause profonde dans une sorte d'auto-intoxication : la viciation du taux nutritif des peladiques se révèle par des troubles divers dont les plus constants sont la polyurie, l'hyperchlorurie, l'hypophosphaturie, l'hyposulfaturie et l'albuminurie *minima*[1].

La crase sanguine est aussi modifiée; des examens du sérum sanguin ont décelé une hypochlorémie, qui, d'une manière générale, est très souvent en rapport avec l'hyperchlorurie urinaire[2].

Enfin, tout l'appareil pilaire est marqué fréquemment chez les peladiques d'une fragilité congénitale : l'*agénésie pilaire*, décrite par M. Jacquet, crée une vulnérabilité native, héréditaire, du système pileux.

Cette viciation nutritive explique non seulement les lésions locales de la pelade, mais encore nombre de troubles et altérations analogues des tissus non cutanés et non pilaires, dont l'ensemble constitue une *atmosphère peladique générale*.

A l'hypotonie cutanée s'ajoute, en effet, une hypotonie organique, dont le peladique présente des signes variés; des phlébectasies généralisées se manifestent sous formes de varices, de varicocèles, d'hémorrhoïdes; elles se compliquent de ptoses diverses d'organes et de tissus : distension et dilatation gastrique, inertie intestinale, hernies, reins flottants ; tous ces symptômes sont autant d'éléments du *syndrome hypotonique*.

Un phénomène analogue, résultant de la même viciation générale, explique la fréquence dans les familles des peladiques de la *déchéance dentaire*. Rien n'est plus logique que de rapporter les altérations du poil et celles de la dent à une cause commune : dents et poils ne sont-ils pas congénères ? L'anatomie générale met en évidence leurs analogies embryonnaires, histologiques et évolutives[3].

IV

Il faut montrer maintenant comment de cet *humus pré-peladique* naît l'alopécie locale, quel

[1] JACQUET : Nature et traitement de la Pelade. *Ann. de Dermat. et de Syphil.*, 1900.

[1] JACQUET et PORTES : La viciation hémo-urinaire dans la Pelade. *Ann. de Dermat. et de Syphil.*, 1901.

[2] JACQUET : Communication orale.

[3] JACQUET : Les rapports de la Pelade avec les lésions dentaires, in *Presse médicale*, 10 novembre 1900.

facteur dérive sur un point donné l'influence morbide préétablie et provoque l'apparition de l'aire dénudée. Préparée par des causes lointaines, multiples et foncières, la pelade est déterminée, « fixée », localisée, par des irritations régionales partant d'un point quelconque des neurones centripètes et peut-être aussi des centres. On voit, en effet, chez des sujets prédisposés par une viciation complexe des tissus et des humeurs, survenir la pelade après des altérations somatiques variables et multiples : lésions pharyngées, otiques, broncho-pulmonaires, gastro-intestinales, traumatismes divers.

Ce sont là autant d'excitations peladogènes entraînant, par voie réflexe, une association sympathique de troubles fonctionnels, un *syndrome peladique* au niveau des tissus en connexion nerveuse avec les régions d'où elles partent.

Les rapports chronologique et topographique qui existent entre la pelade et ces lésions diverses montrent qu'il n'y a pas seulement entre elles simple coïncidence, mais relation de cause à effet.

Ces sollicitations morbides, dont souvent aucune n'est en relief évident, s'additionnent en général pour constituer une *somme* ou *sommation peladogène*, dont la dépilation n'est qu'une résultante [1].

Mais les plus fréquents, les mieux étudiés de ces troubles peladogènes sont les *irritations gingivo-dentaires* [2].

Elles se manifestent sous deux formes : l'éruption ou la lésion d'une dent. Le syndrome sympathique qu'elles engendrent est dit *néo-dentaire* dans le premier cas, *odontopathique* dans le second. L'étude en est délicate, mais fructueuse.

Frappé de la fréquence des névralgies dentaires chez les peladiques, M. Jacquet rechercha la relation qui pouvait unir les douleurs à l'alopécie. Il vit alors que la dépilation suivait souvent une crise névralgique à un intervalle variant de trois semaines à trois mois.

Il constata, d'autre part, l'homolatéralité des lésions peladiques et des altérations dentaires. Serrant alors les faits de plus près, il découvrit, accompagnant les troubles douloureux, toute une série de phénomènes vaso-moteurs, thermiques, fluxionnaires, trophiques, plus ou moins accentués et diversement associés. Les plus fréquents sont : l'*érythrose*, accentuation du teint physiologique des téguments faciaux, prédominante ou limitée à la pommette ou à l'oreille; l'*hyperthermie* ou l'*hypothermie*; souvent l'*empâtement diffus et sensible* de la joue; des *adénopathies*, spécialement des adénopathies sous-maxillaires; l'*hypertrophie amygdalienne* : tout cet ensemble, homolatéral à la pelade, forme parfois avec elle un syndrome véritablement saisissant.

Quand la pelade est diffuse, on en retrouve, diversement associés, les éléments constituants ; mais il va sans dire que le *contraste avec le côté sain* fait défaut.

A ce tableau, M. Jacquet, plus récemment, vient d'ajouter l'*angine* [1], symptôme pré-peladique fréquent, surtout dans les pelades liées à l'évolution de la dent de sagesse. L'angine dentaire est due essentiellement au trouble fonctionnel du plan musculeux du pharynx, et la rougeur de la muqueuse, avec ou sans accidents infectieux ultérieurs, survient seulement à titre *secondaire*.

Cependant le nerf ne manifeste pas toujours spontanément sa souffrance : il faut parfois l'interroger. On réveille alors, par la pression aux points d'émergence des principales branches du trijumeau, des sensations douloureuses aiguës, survivant à la névralgie spontanée, qui peut, du reste, n'avoir jamais paru. Cette *névralgie latente* est homolatérale à la pelade, bilatérale quand les disques sont bilatéraux.

L'hyperesthésie peut atteindre aussi les muscles, obéissant aux mêmes lois localisatrices que celle des troncs nerveux.

La recherche de tous ces symptômes n'est pas sans difficultés. Il faut un œil exercé pour apprécier les nuances de coloration, un tact aiguisé pour percevoir les différences de température; la recherche de la névralgie latente exige une certaine habitude; enfin, si quelques malades indiquent d'emblée et d'eux-mêmes la bonne voie, c'est, plus souvent, par un patient interrogatoire que le médecin doit solliciter, sans les forcer, leurs souvenirs hésitants.

Tels sont les détails élémentaires du syndrome peladique d'origine dentaire. L'examen stomatologique, qui doit toujours être systématiquement pratiqué dans les cas de pelade, nous permet de constater le *point de départ*, le *primum movens* de cet ensemble de symptômes, où chaque tissu a réagi suivant sa nature propre. Tantôt ce sont des altérations de la dent ou de la gencive, périostite, abcès gingival, caries de degrés divers; tantôt, il s'agit d'une éruption dentaire. Un dentier défectueux, cause de gingivite, peut être aussi incriminé. On ne doit pas négliger les *anomalies* : dents vicieusement implantées, qui irritent les parties voisines, et, d'une manière générale, toute défectuosité, car l'on ne sait encore exactement tout ce qui, à ce point de vue particulier, peut devenir nocif.

[1] Jacquet : Les sommations peladogènes. *Bull. de la Soc. méd. des hôpit.*, 7 mars 1902.

[2] Jacquet : La Pelade d'origine dentaire. *Ann. de Dermat. et de Syphil.*, 1902.

[1] Jacquet : Syndrome néo-dentaire avec pelade. *Soc. méd. des Hopitaux*, 11 juillet 1902.

V

Le point de départ du syndrome ainsi précisé, il fallait déterminer son mode de relation avec le



Fig. 1. — *Schéma de l'innervation cutanée de la tête, montrant les zônes d'innervation minima.*

point d'arrivée, la zone *glabre*. En colligeant un grand nombre d'observations, M. Jacquet remarqua que la pelade siège de préférence à la région maxillaire et au segment qui s'étend de la nuque au territoire sus-auriculaire; elle est aussi fréquente à la partie moyenne de la nuque. Toute la

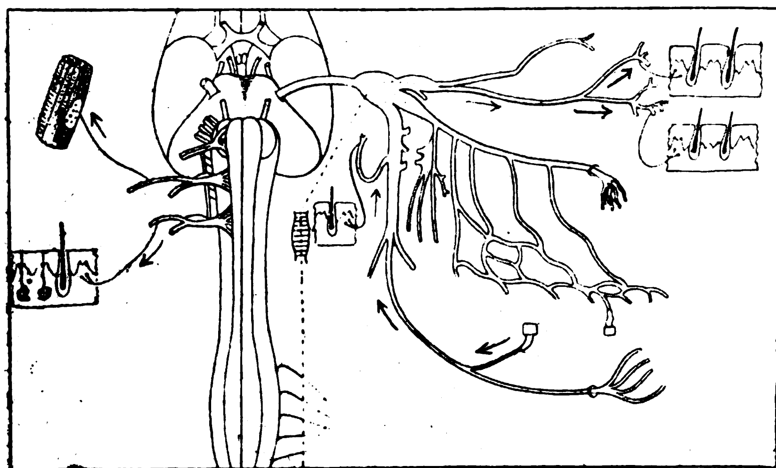


Fig. 2. — *Trajet centripète de l'irritation gingivo-dentaire.* — Elle part des extrémités du trijumeau, gagne le ganglion de Gasser, d'où elle peut impressionner des branches à fonction trophopilaire, puis arrive au bulbe, d'où, par la voie que montre la figure 3, elle parvient à la substance grise d'origine des premières paires cervicales.

région nucho-mastoïdo-maxillaire est donc par excellence une « *zone peladophore* ». Or, la zone nuchale possède une innervation *minima* (fig. 1); au lieu d'être commandée, selon la loi de Sherrington, par des filets émanés de trois racines cervicales,

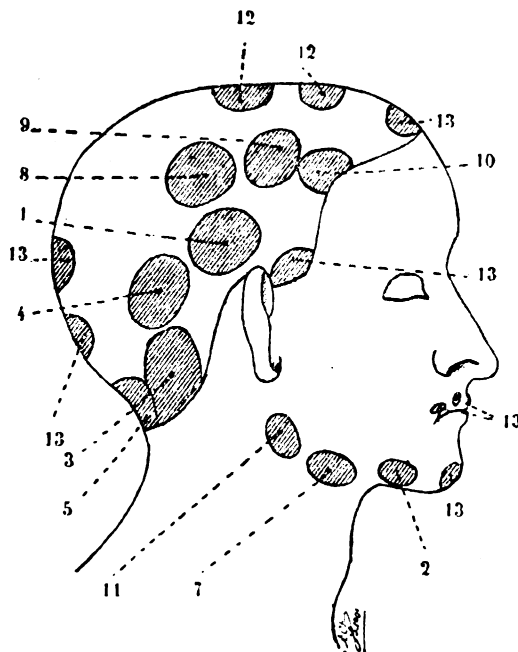


Fig. 3. — *Disques peladiques rangés par ordre décroissant d'importance numérique.* — 1, sus-auriculaire; 2, latéro-mentonnier; 3, rétro-mastoïdien; 4, sus-mastoïdien; 5, nuchal; 7, sus-hyoïdien; 8, médio-pariétal; 9, rétro-frontal; 10, latéro-frontal; 11, angulo-maxillaire; 12, 12, sincipital; 13, 13, 13, 13, 13, 13, médio-mentonniers, labiaux, lambdoïdes, médio-frontaux, occipital, zygomatique.

elle ne reçoit que de rares rameaux de la troisième paire rachidienne. De même, les régions maxillaire

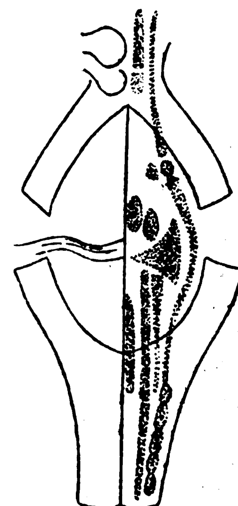


Fig. 4. — *Topographie des noyaux des nerfs craniens sur le plancher du quatrième ventricule.*

et sus-auriculaire, commandées la première par la branche transverse du plexus cervical superficiel, la seconde par sa branche mastoïdienne, sont en

déficit nerveux. On voit, en somme, que toute la zone peladophore est sous la même influence nerveuse émanant des premiers *métamères médullaires*, et présente, d'autre part, une circulation nerveuse relativement pauvre, double circonstance qui explique le retentissement réflexe des irritations du trijumeau sur ce territoire.

Reste à montrer maintenant quel trajet réunit le point de départ dentaire, riche en nerfs, au point d'arrivée trophique, d'innervation minima.

Ce trajet est fort direct (fig. 2 et 4). L'incitation peladogène passe des plexus dentaires supérieur et inférieur au ganglion de Gasser, et, par lui, gagne le noyau bulbaire. Puis elle suit la longue racine inférieure du trijumeau, qui vient, à la hauteur de la première paire cervicale, se joindre à la colonne grise, origine des racines sensitives.

Ainsi, tous les éléments du problème sont connus; et M. Jacquet est en droit de conclure que « la pelade est un trouble trophique dont l'une des conditions pathogéniques fréquentes consiste en une incitation partie du trijumeau buccal et réfléchie au point d'innervation cutanée minima en correspondance anatomique avec le point irritatif ».

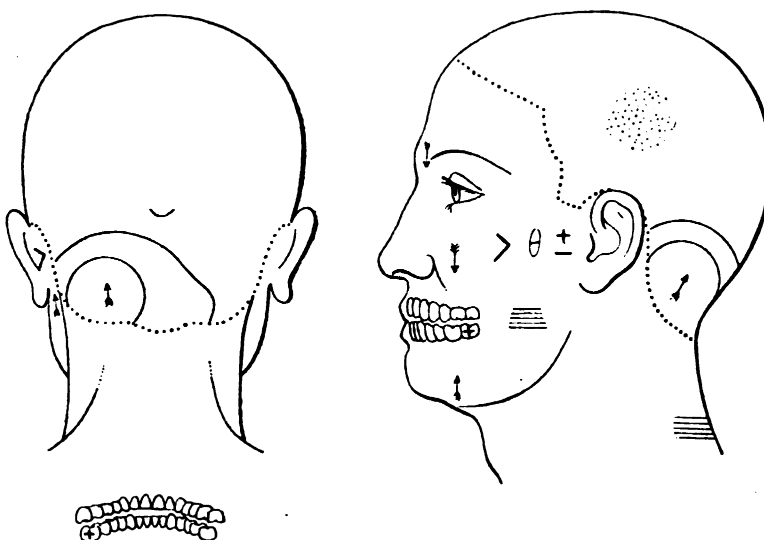


Fig. 5. — *Observation d'une pelade nuchale gauche avec syndrôme néodentaire gauche typique.*

Dent en évolution.	+	>	Erythrose.
Dent cariée.			Dépilation diffuse.
Point névralgique.		$\theta +$	Hyperthermie.
Hyperesthésie.	≡	$\theta -$	Hypothermie.

La pelade, si elle n'est pas une dermatose spécifique, est donc une *dermatose systématisée en toutes ses variétés*. La systématisation de l'*ophiasis*[1] est évidente; celle de l'*alopécie*[2] en aires ne l'est pas moins, quand *on compare entre elles les aires simultanées ou successives du même malade, et surtout les aires, repérées sur la boîte crânienne, d'une série de peladiques* (fig. 3). Mais cette systématisation est fréquemment troublée par des causes locales extérieures créant à la surface du crâne des zones d'innervation minima pathologique : cicatrices, lésions inflammatoires ou parasitaires, traumatismes brusques ou lents (compression par peignes), etc.

Voici donc le processus peladique expliqué dans une de ses modalités les plus fréquentes. La pelade dentaire rend compte d'une façon presque schématique des diverses manifestations de la dermatose trophonévrotique. Ce n'est pas là une théorie vaine, une simple vue de l'esprit; elle explique et classe les *faits* d'une façon rationnelle, est bien coordonnée, et présente la clarté des idées justes. A mesure que se multiplient les observations, la solidité s'affirme davantage. Elle reçoit, en outre, de la Thérapeutique d'éclatantes confirmations.

La fréquence de la pelade aux périodes d'évolution des dents, ainsi que sa rareté dans la période qui, de quinze à dix-neuf ans, sépare l'apparition de la deuxième dentition de l'éruption des dents de sagesse (deux faits mis en évidence par M. Jacquet), la réapparition fréquente de la dermatose à chaque nouvel accident dans la zone du trijumeau[1], enfin les résultats rapides déjà obtenus par l'intervention médicale

[1] Ophiasis (de ὄφις, serpent), pelade dans laquelle la dépilation présente une allure serpentine; plus fréquente à la nuque.

[2] Alopécie (de ἀλώπηξ, renard), forme commune de pelade où la dépilation, sous forme de plaques isolées, saute de place en place, *comme le renard* (?).

[1] Récemment (janvier 1903), le Dr Rodier a communiqué à la Société de Stomatologie le cas d'un confrère atteint d'une pelade d'origine dentaire, dont voici l'observation résumée : Première fluxion en 1898, suivie d'une première plaque peladique; guérison de la fluxion, disparition de cette plaque. — Deuxième fluxion en 1899; deuxième plaque peladique; nouvelle guérison. — Troisième fluxion en 1900; troisième plaque de pelade. Persistance d'une fistule cutanée, persistance de la pelade. Extraction des débris radiculaires de trois dents, suivie de l'apparition de deux nouvelles

dans plusieurs cas de pelade dentaire, sont autant d'arguments qui viennent à l'appui de la thèse.

Les cas sont déjà nombreux, en effet, où, sous l'influence d'une thérapeutique élémentaire, la disparition des accidents dentaires entraîna celle de l'alopécie. Un, entre autres, possède toute la valeur d'une véritable expérience. Il s'agit d'une jeune fille qui présentait, en même temps qu'une pelade nuchale gauche, un syndrome néo-dentaire gauche typique (fig. 5). M. Jacquet *annonça* que le débridement galvano-caustique allait faire disparaître à la fois pelade et troubles réactionnels concomitants; il pratiqua l'opération. Un renforcement violent de tous les phénomènes la suivit; mais bientôt tout s'apaisa, le syndrome s'atténua et disparut, dans le même temps, très court, que guérissait la dermatose. Cette aggravation éphémère, non prévue, loin d'infirmer la théorie, lui fournit un nouvel appui : la pelade résultant, en ce cas, d'une irritation gingivo-dentaire, quoi de plus naturel que cette aggravation brusque des phénomènes réactionnels, y compris la pelade, après l'excitation de la gencive par le galvano-cautère?

Et combien d'autres observations aussi topiques! Chez une femme, des névralgies spontanées et latentes et une hyperesthésie de la région frontale *droite* coïncident avec une carie douloureuse de la deuxième prémolaire supérieure *droite*. Trois semaines après la crise névralgique, apparaît une pelade fronto-temporale *droite* (fig. 6). Elle dépend bien, au même titre que le syndrome, de la carie

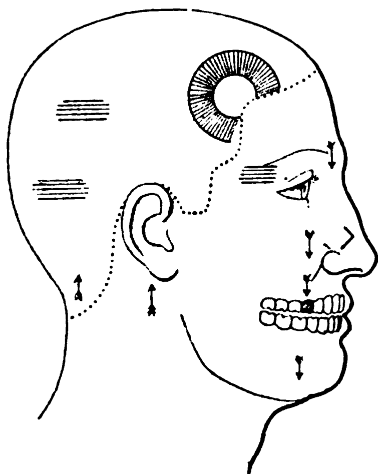


Fig. 6. — *Observation de pelade fronto-temporale droite avec carie douloureuse de la deuxième prémolaire supérieure droite.* — Même légende que la figure 5.

dentaire; en effet, l'obturation de la dent malade est suivie d'une sédation des douleurs, et, au bout de *deux* semaines, d'une repousse serrée.

petites plaques et de l'augmentation de celle existant avant l'intervention; guérison de la fistule et des accidents alvéolaires, guérison définitive des plaques peladiques.

Un homme présente un disque mentonnier *gauche* avec névralgie latente à *gauche*, carie et effritement de la deuxième grosse molaire supérieure *gauche* (fig. 7). La dent malade est extraite. La guérison n'est complète qu'au bout de plusieurs mois, mais elle est régulière; les pelades de barbe ont, d'ailleurs, une marche fort lente.

Aucune preuve ne manque donc à la théorie de

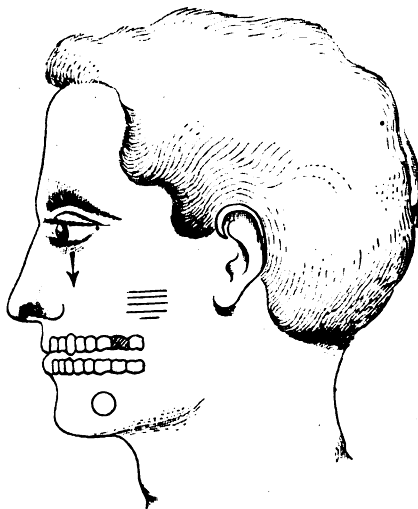


Fig. 7. — *Observation de pelade de la barbe avec carie et effritement de la deuxième grosse molaire supérieure droite.* — Même légende que la figure 5.

M. Jacquet. On peut conclure, avec lui, que « la pelade n'est pas une dermatose spécifique, parasitaire ou trophonévrotique; c'est une dermatose banale, apparentée aux dépilations diffuses et ne différant pas d'elles quant au mécanisme pathogénique de la mort du poil; comme elles-mêmes, c'est une simple modalité de la dépilation physiologique, de la mue pilaire. Elle n'est « qu'un symptôme, parfois négligeable, parfois prédominant, *d'un ensemble morbide à la fois très complexe et très banal, précédant la dépilation, l'accompagnant et lui survivant* ». En elle « se trouve réalisée l'*unité du mécanisme pathogénique de la mort du poil, sous la diversité et la multiplicité étiologiques* ».

VI

La nouvelle doctrine, qui donne un corps à l'ancienne théorie trophonévrotique, si vague jusqu'à M. Jacquet, ne présente pas seulement un grand intérêt scientifique; elle possède encore une importance sociale : le peladique ne doit plus être un objet de répulsion pour ses semblables; le peladique ne doit plus être banni des ateliers, des casernes, ni des écoles; le peladique, grâce à M. Jacquet, n'est plus biologiquement et socialement UN TEIGNEUX.

Fernand Trémolières,
Interne des hôpitaux de Paris

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Hensel (Kurt) et **Landsberg** (Georges). — **Theorie der algebraischen Funktionen einer Variabeln und ihre Anwendung auf algebraische Kurven und abelsche Integrale.** (*Théorie des Fonctions algébriques d'une variable; applications aux courbes algébriques et aux intégrales abéliennes*). — 1 *vol. in-8° de* VIII-707 *pages.* (*Prix* : 10 *fr.*) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1902.

MM. Kurt Hensel et Georges Landsberg, maîtres de conférences (a. o. Professoren) de Mathématiques aux Universités, l'un de Berlin, l'autre de Heidelberg, viennent de publier, à Leipzig, chez l'éditeur Teubner, un traité considérable sur la fonction algébrique d'une variable. La théorie est accompagnée des applications classiques aux courbes algébriques et aux intégrales abéliennes.

Disons tout de suite que l'ouvrage a une très grande valeur scientifique et rendra de signalés services aux mathématiciens.

Nous avons déjà, en France, sur la matière, l'important Traité de MM. Appell et Goursat, paru en 1895 chez Gauthier-Villars. Mais les deux publications, loin de faire double emploi, doivent figurer côte à côte dans les bibliothèques des algébristes.

Notons en quoi les deux livres diffèrent et se complètent, par suite, très heureusement.

D'abord le livre allemand est plus récent. Le lecteur français y verra, avec plaisir, réunis dans un tableau systématique les travaux de Kummer, Kronecker, de MM. Dedekind, Weber, etc., sur les « corps algébriques », les « idéaux », les « diviseurs », etc., travaux dispersés à travers les recueils allemands.

En second lieu, la méthode d'exposition est différente. Je me ferai comprendre en disant que MM. Appell et Goursat sont plus « riemanniens »; MM. Hensel et Landsberg, plus « weierstrassiens ».

L'école de Weierstrass, on le sait, asseoit toute la science sur des principes arithmético-algébriques, c'est-à-dire, au fond, sur des transformations de formules et des procédés de calcul. Cette méthode épuise et vide les problèmes auxquels elle s'attaque et ne laisse subsister, derrière elle, plus rien de mystérieux.

La méthode de Riemann est peut-être plus favorable à l'intuition directe et à l'invention. Elle révèle ce que sont les choses; elle convainc que les choses ne peuvent pas être autrement qu'elles ne sont, mais souvent un certain voile subsiste sur le pourquoi des choses.

Quoi qu'il en soit, nous ne pouvons que signaler le livre de MM. Hensel et Landsberg à toute l'attention des algébristes; c'est une publication de premier ordre.

Terminons toutefois par une critique, extra-scientifique, à la vérité.

MM. Hensel et Landsberg mentionnent bien sobrement des noms français. Sans doute, ils citent Cauchy et Puiseux, déjà anciens. Mais pour nos savants plus modernes, rien. Ne parlons que des morts. Dans un livre où jouent un rôle si capital les développements en série, suivant les puissances fractionnaires de la variable, nous avons été vraiment choqué de ne pas rencontrer le nom d'Halphen. Par sa théorie des cycles, Halphen a été un des pionniers de la première heure dans l'étude de *la singularité en un point d'une fonction algébrique*, et cela, précisément, par les procédés, avec raison, si fort en honneur dans le Traité de MM. Hensel et Landsberg.

Léon Autonne,
Maître de Conférences de Mathématiques
à la Faculté des Sciences de Lyon.

2° Sciences physiques

Steinmetz (Ch.-Proteus). — **Theoretical Elements of Electrical Engineerings.** — 1 *vol. in-8° de* 327 *pages.* (*Prix* : 14 *fr.*) *Electrical World und Engineer. New-York*, 1902.

C'est toujours avec un vif plaisir que savants et techniciens accueillent les ouvrages de M. Steinmetz, l'ingénieur bien connu, qui a contribué si largement à l'extension de la méthode des imaginaires pour la représentation et le calcul des courants alternatifs.

Cette fois, M. Steinmetz s'adresse aux débutants, du moins dans la première partie. A ce titre, son ouvrage constitue une excellente introduction à ses publications antérieures. Le lecteur y trouvera, sous une forme claire, rendue plus saisissable encore par l'adjonction de nombreux exemples numériques, les principes et les considérations théoriques qui sont à la base de l'électricité appliquée.

Les divers modes de représentation graphique des courants alternatifs (coordonnées polaires et rectangulaires, ainsi que la méthode symbolique, avec raison si chère à l'auteur) y sont développés et appliqués à des exemples bien choisis.

En un mot, l'auteur a su, dans cette première partie, résumer les notions indispensables aux applications, tout en les débarrassant des considérations théoriques, d'ailleurs si souvent reproduites, dont elles découlent.

La seconde partie traite des machines électriques, mais se borne à l'étude des appareils les plus généralement en usage dans l'industrie. Sous ce rapport, cette seconde partie complète heureusement l'ouvrage publié antérieurement sous le titre : *Alternating current phenomena*, qui a rencontré un si légitime succès.

En évitant, autant que possible, les développements mathématiques étendus, M. Steinmetz s'est attaché à faire comprendre le fonctionnement des principaux types de machines; et ce résultat est, la plupart du temps, atteint par le seul emploi de méthodes graphiques et d'exemples numériques. La classification qu'il a adoptée est d'ailleurs un élément de clarté.

Dans cette seconde partie comme dans la première, il a insisté sur les points que son expérience lui indique comme essentiels. Le théoricien habile qu'est M. Steinmetz est doublé d'un technicien éprouvé; la lecture de cette partie de son livre sera donc utile à tous ceux qui désirent acquérir des notions saines sur le fonctionnement des appareils industriels, déjà si nombreux et si compliqués. C'est assurément un éloge qu'on ne peut décerner à nombre d'ouvrages d'électricité appliquée.

Dans un domaine comme celui des courants alternatifs industriels, où le calcul ne peut souvent être que grossièrement approximatif, les élucubrations fantaisistes sont faciles. Les nombreuses hypothèses simplificatives que l'on est généralement obligé d'introduire pour rendre ce calcul possible, sont, en effet, plus ou moins bien justifiées. Le contrôle de l'expérience est donc absolument nécessaire, plus peut-être que dans d'autres domaines des sciences appliquées. Sous ce rapport, l'ouvrage de M. Steinmetz doit nous inspirer la plus entière confiance.

C.-E. Guye,
Professeur à l'Université de Genève.

Gerdes (P.). — **Emführung in die Elektrochemie** (Introduction a l'étude de l'Électrochimie). — *Petit in-8° de* 122 *pages.* (*Prix* : 5 *fr.*) *W. Knapp. Halle*, 1902.

Duyk (G.), *Chimiste-aviseur au Ministère des Finances et des Travaux publics de Belgique.* — **L'Epuration des eaux d'égout** (*Extrait des* Annales des Travaux Publics de Belgique). — 1 *brochure in*-16 *de* 25 *pages. Goemare, éditeur. Bruxelles*, 1902.

M. Duyk a été chargé par le Gouvernement belge d'étudier le procédé d'épuration des eaux résiduaires par la méthode bactérienne. Rappelons, en deux mots, le principe de ce procédé, qui, après avoir été expérimenté en Angleterre, a été adopté par plusieurs villes telles que Exeter, Sutton, Barking, Manchester, etc. Les eaux résiduaires sont soumises successivement à l'action des ferments anaérobies et à l'action des ferments aérobies. Les premiers désagrègent les molécules complexes qui forment la matière organique azotée et donnent naissance à des produits plus simples, plus accessibles à l'oxydation ultérieure et caractérisés par l'azote à l'état ammoniacal ; les aérobies, agissant ensuite, transforment les produits ammoniacaux en azote nitrique, terme ultime du phénomène d'oxydation.

Pour réaliser ces fermentations successives, on envoie d'abord les eaux résiduaires dans de grands bassins (*septic tanks*) où l'eau est placée à l'abri du contact de l'air, de manière à ce que les ferments anaérobies (*Bacterium Termo, Bacillus Ureæ, Bacterium Coli commune, Bacillus amylomyces, Bacillus Enteridis, Vibrio angula, Proteus*, bactéries de la fermentation butyrique et de la fermentation sulfhydrique, etc.), qui existent normalement dans les eaux résiduaires, produisent la liquéfaction et la désagrégation des matières organiques complexes. Les eaux, ayant subi cette première fermentation, sont ensuite envoyées dans de grands bacs peu profonds, garnis de substances poreuses sur lesquelles on a développé les ferments oxydants : le *Bacterium nitrosomonas*, qui donne lieu à la production d'acide nitreux et le *Bacterium nitrobacter*, qui transforme celui-ci en acide nitrique. Dans ces bassins, l'eau résiduaire, déjà transformée par les ferments anaérobies, est largement en contact avec l'air et elle est rapidement transformée par les bactéries oxydantes. La préparation de ces lits bactériens oxydants est une partie délicate du procédé. Comme supports des zooglées bactériennes, on emploie des fragments de briques, de coke, de mâchefer. Une petite quantité de terre et de substances calcaires favorise le développement des bactéries. On remplit les bassins lentement et on laisse l'action nitrifiante s'accomplir pendant deux heures. Au bout de ce temps, on fait écouler lentement l'eau épurée et l'on attend pendant quatre heures avant de remplir à nouveau, afin que les microorganismes nitrificateurs se revivifient au contact de l'air.

M. Duyk a expérimenté ce procédé à Wenduyne, petite localité du littoral belge. Voici les conclusions qui se dégagent de son travail :

1° *Suppression, en tout ou en partie, des fosses septiques*, c'est-à-dire de celles dans lesquelles s'opère la fermentation anaérobie. M. Duyk est d'avis qu'il vaut beaucoup mieux remplacer cette première fermentation par une épuration chimique (traitement par les sels de fer, par exemple) ou mécanique (emploi de filtres dégrossisseurs, tels que ceux d'Howatson) ;

2° *Conservation de la fermentation aérobie*, à la condition d'ensemencer préalablement les filtres dans lesquels elle s'opère par les bactéries nitrifiantes, qui se trouvent dans la terre arable, les vieux plâtras, etc.

En opérant comme le propose M. Duyk, on doit obtenir une nitrification rapide et une purification suffisamment complète pour que les eaux purifiées puissent être déversées dans les cours d'eau sans les polluer.

X. Rocques,
Ingénieur-Chimiste.

Nissenson (H.). — **Einrichtung von elektrolytischen Laboratorien** (Installations des laboratoires électrolytiques). — 1 *fascicule in*-8° *de* 51 *pages avec* 32 *figures.* (*Prix : 3 fr. 60.*) *W. Knapp. Halle*, 1903.

3° Sciences naturelles

Erréra (Léo). — **Recueil de l'Institut Botanique de Bruxelles.** — 1 *vol. in*-18 *de* v-347 *pages avec* 8 *figures dans le texte et* 9 *planches. Tome V.* (*Prix : 4 fr.*) *Lamertin, éditeur. Bruxelles*, 1902.

Cet ouvrage renferme dix Mémoires importants publiés sous les auspices de l'Institut Botanique de Bruxelles depuis l'année 1900. On y rencontre d'abord les deux derniers travaux du regretté Clautriau : *Nature et signification des alcaloïdes végétaux*, et *La digestion dans les urnes des Nepenthes*, analysés ici même lors de leur apparition.

M. Van der Linden (*Recherches microchimiques sur la présence des alcaloïdes et des glycosides dans la famille des Renonculacées*) étudie ensuite la localisation des principes toxiques des Renonculacées. Ces principes, alcaloïdes ou glycosides, sont plus particulièrement répandus dans les plantes appartenant aux deux tribus des Renonculées et des Helléborées. Leur localisation présente certains caractères communs chez les diverses espèces, la teneur étant extrêmement variable. Dans les racines, le parenchyme libérien et l'écorce sont les principaux sièges; souvent on en trouve dans les cellules compagnes des cribles, et parfois en faible quantité dans ces derniers; il en existe également dans la région médullaire de la racine. Dans les organes aériens, les alcaloïdes occupent principalement l'épiderme, le liber et la moelle. Ils n'existent pas dans les points végétatifs, et n'apparaissent d'ordinaire que dans la zone d'allongement.

Dans les tissus où les alcaloïdes accompagnent l'amidon de réserve, ils persistent quand l'hydrate de carbone disparait. Les glycosides semblent se conduire comme des matières de réserve susceptibles d'être réassimilées par la plante au moment opportun.

La quatrième Note est due à M. Massart et a pour titre : *Le lancement des trichocystes chez le Paramæcium aurelia.* Ce phénomène est dû, chez cette espèce, à un réflexe que peuvent provoquer un grand nombre d'agents mécaniques, physiques ou chimiques ; mais ce réflexe ne s'irradie pas; le bolisme est strictement limité aux points qui reçoivent l'excitation externe. L'emploi méthodique de la chaleur montre que l'irritabilité est liée au mode d'application de cet agent; elle se manifeste chaque fois que la température passe rapidement de 35° à 38°. Au-dessous de 35° et au-dessus de 38°, on est dehors de la zone d'excitation. De même, l'action des composés chimiques est très variable, et, contrairement à ce qu'on pourrait croire, il n'y a aucune relation entre l'application de substances menaçant la vie de l'individu et le bolisme. Il y a encore lieu de mentionner l'excitabilité particulière produite par la chaleur sur les vésicules pulsatiles excrétrices, dont le nombre augmente notablement sous son influence.

M. Erréra (*Sur la myriotonie comme unité dans les mesures osmotiques*) fait remarquer qu'il serait bon d'exprimer les pressions osmotiques et les pressions gazeuses en fonction d'une même unité rationnelle. L'atmosphère étant une unité arbitraire et non fixe, il y a lieu de recourir au système CGS, et de lui substituer la myriotonie $\frac{\tau}{M}$, c'est-à-dire la pression de dix mille dynes par centimètre carré, la dyne étant, comme l'on sait, la force imprimant à une masse de 1 gramme une accélération de 1 centimètre par seconde. La myriotonie correspond grossièrement à 1/100 d'atmosphère.

M. Van Rysselberghe étudie l'*influence de la température sur la perméabilité du protoplasma vivant pour l'eau et les substances dissoutes.* Il se propose de rechercher dans quelle mesure varie cette perméabilité suivant la température, et si ce phénomène est lié à une action physiologique ou purement physique ; il cherche en outre quelles sont les relations du pouvoir osmotique avec la circulation de l'eau au travers du

protoplasme. Ses expériences consistent à mesurer aux diverses températures le raccourcissement subi par un tissu dans les solutions plasmolysantes et l'allongement d'un tissu plasmolysé par suite de l'absorption d'eau, ainsi qu'à évaluer la rapidité de sortie ou d'entrée de l'eau dans les cellules au cours de ces expériences. Il constate ainsi que la température influe sur la rapidité de passage de l'eau et non sur la quantité totale de ce liquide que les cellules peuvent absorber ou abandonner; cette influence est surtout manifeste dans les premiers instants de l'expérience. La perméabilité du protoplasma augmente proportionnellement à la température, de 0,05 environ par degré jusque vers 5°, de 0,43 de 5° à 18°, de 0,01 au delà de 18°. Contrairement à l'opinion de Schwendener, elle n'est pas nulle à 0°. Les variations de la perméabilité du protoplasma pour les substances dissoutes se produisent dans le même sens que pour l'eau. Contrairement à ce qu'avait avancé Krabbe, le protoplasma se laisse traverser à une température inférieure à 5° par un certain nombre de substances, par exemple l'azotate de potasse, l'urée, la glycérine, le bleu de méthylène, la caféine, etc. D'autre part, il semble que l'eau pure entre dans la cellule sans le concours d'une action osmotique même très faible; la constitution physique de la couche protoplasmique n'a pas d'influence sur la quantité de ce liquide qui peut être absorbée ou abandonnée, non plus que sur la valeur de la pression osmotique cellulaire. Enfin, une cellule dont le suc est isotonique avec une solution donnée à une certaine température demeure isotonique avec la même solution à toute température, pourvu qu'il n'y ait aucun changement apporté à la constitution du suc.

Le travail suivant, de M. J. Massart, *sur le protoplasma des Schizophytes*, tranche une des questions les plus controversées jusqu'à ce jour, à savoir si les Schizophytes possèdent un noyau vrai, comparable à celui des autres cellules végétales. L'auteur se sert, pour étudier cette question, de préparations colorées sur le vif par le bleu de méthylène en solutions diversement concentrées; il examine un certain nombre de Schizomycètes (Bactéries et Thiobactéries) et de Schizophycées. Il conclut que la cellule des Schizophytes n'est pas construite sur le même modèle que celle des autres organismes. Les Bactéries ont un protoplasma uniforme contenant quelques granulations colorables par le bleu de méthylène. Chez les Schizophycées, les grains colorés sont tous au milieu de la cellule, dans le corps central ou en contact avec lui. Mais la différenciation est loin d'être complète, et la cellule la plus spécialisée des Schizophycées apparaît encore comme une simple masse protoplasmique dont la portion périphérique porte un pigment assimilateur, et dont l'espace central sert de réservoir à des produits plus condensés.

M. J. Starke étudie au point de vue chimique la *prétendue existence de la solanine dans les graines de Tabac*. Contrairement à ce qu'avait avancé Albo, il n'a pu rencontrer cet alcaloïde dans les graines du Tabac de Grammont et du *Nicotiana macrophylla*.

M. J. Massart propose un *Essai de classification des réflexes non nerveux*, régissant les phénomènes d'irritabilité végétale. Ces réflexes peuvent se subdiviser en cinq phases : excitation, conduction de l'excitation, sensation, conduction de la sensation, réaction. Parmi les excitants internes on peut citer l'âge, la forme, l'influence du sommet de l'axe, la polarité, l'arcure. Les excitants externes sont mécaniques (gravitation, contact, compression, secousse), physiques (lumière, chaleur, ondulations hertziennes, électricité, pression osmotique), chimiques (oxygène, alcalis, acides, eau, narcotiques).

Les réactions sont préparatives (tonus) ou modificatives. Parmi les premières, on peut citer l'action de l'eau sur les graines sèches qu'elle fait entrer en germination ou celle de l'obscurité continue sur la Sensitive. Les réactions modificatives sont qualitatives ou quantitatives. Les premières, ou ripostes, peuvent être formatrices (naissance de nouveaux organes), motrices, chimiques (sécrétion de la zymase du *Drosera*), ou diverses (lancement des trichocystes, émission de lumière). Les secondes, ou interférences, sont extrêmement complexes; elles affectent l'intensité, la vitesse, la direction des ripostes; on peut les classer en deux groupes suivant qu'elles s'appliquent aux diverses ripostes signalées précédemment ou bien aux réactions élémentaires sans lesquelles la vie n'est pas possible.

L'auteur propose ensuite quelques modifications à apporter à la terminologie relative aux phénomènes réflexes non nerveux.

Enfin, dans une Note *sur une bactérie de grandes dimensions, le Spirillum colossus*, M. Erréra décrit une espèce découverte dans un fossé saumâtre des environs de Nieuport et remarquable par ses dimensions énormes, atteignant une trentaine de μ de long sur 2,5 à 3,5 μ d'épaisseur. Elle forme généralement 1/2 à 2 1/2 tours de spire étroits ayant en moyenne 14 à 15 μ de hauteur sur 5 à 6 μ de large. A chaque extrémité se trouvent 4 à 8 cils, longs de 10 à 16 μ, agglomérés souvent en 1, 2, 3 touffes très mobiles. Son protoplasma renferme des granulations incolores assez grosses. Peut-être est-il analogue au *Spirillum volutans* var. *robustus* décrit d'une manière moins complète par Warming en 1875. En tout cas, il constitue certainement la plus grosse Bactérie connue jusqu'ici.

Tels sont, brièvement résumés, les divers travaux qui composent le tome V du *Recueil de l'Institut Botanique de Bruxelles*. Nous ne pouvons mieux faire en terminant que d'adresser nos félicitations à la fois aux auteurs et au distingué directeur de l'Institut, M. Erréra, qui a su donner dans son Laboratoire aux études de Botanique anatomique et de Physiologie un essor dont on est à même d'apprécier les heureux résultats.

L. Lutz,
Docteur ès sciences, Chef des travaux à l'École Supérieure de Pharmacie de Paris.

4° Sciences médicales

Pitres (A.) et **Régis** (E.). — **Les Obsessions et les Impulsions.** — *Un vol. in-18° de 434 pages de la* Bibliothèque internationale de Psychologie expérimentale. (*Prix : 4 fr.*) *O. Doin, éditeur. Paris*, 1902.

Dans l'*obsession* coexistent deux éléments : une idée qui s'impose, une émotion qui surgit. Est-ce l'idée qui fait naître l'émotion, ou celle-ci qui domine l'idée? Telle est la question dont, depuis Morel, les psychiatres cherchent la solution. Les uns, avec Morel, font de l'obsession un trouble psychopathique à base émotive; pour Wesphal, au contraire, l'obsession est un trouble avant tout intellectuel, dont l'élément idéatif est le symptôme principal; quant à l'élément émotif, ou bien il est absent, ou bien, s'il existe, il est secondaire et provoqué par l'idée obsédante, dont il représente une simple réaction.

MM. Pitres et Régis se rallient nettement à la première opinion : l'émotion est l'élément primitif et fondamental de l'obsession. En effet, font-ils remarquer, à l'état physiologique la vie affective apparaît avant le processus d'idéation. Il y a bien des chances pour qu'à l'état pathologique l'émotion précède l'idée, pour que l'une soit primaire et l'autre secondaire. Et la meilleure preuve que l'on puisse donner de la priorité et de la prépondérance de l'émotion dans l'obsession, c'est qu'elle en est l'élément constant et indispensable; il peut y avoir obsession sans idée fixe et sans impulsion, il n'y en a pas sans émotion. L'objet de l'obsession peut être multiple ou se modifier; ce qui ne varie pas, ce qui reste immuable et constant, c'est l'état émotif, c'est l'anxiété. L'obsession est un état morbide foncièrement émotif. Est-ce à dire que l'obsession soit indépendante de l'idée fixe? Nullement. Dans la majorité des cas, l'émotion obsédante est liée à une idée qui la précède ou qui la suit immédiatement. Autrement dit, dans l'émotion morbide, il y a

une part d'idée pathologique. La part, la proportion d'idée varie dans les états d'obsession, ce qui permet de les distinguer en *phobiques* et en *idéatifs*.

Dans certaines *phobies*, l'idéation est réduite au minimum. Les sujets vivent dans un état permanent de tension émotive; à l'occasion de circonstances accidentelles futiles, éclatent des paroxysmes d'*anxiété*. C'est la peur de tout et de rien, la *peur d'avoir peur*, la *pantophobie*. Plus souvent, la décharge émotive, tumultueuse et intempestive, ne se produit qu'à l'occasion d'excitations sensorielles banales, bien déterminées dans chaque cas. Les obsessions-craintes ou *monophobies* portent sur les objets, les lieux ou les êtres. Ce n'est que l'exagération morbide des aversions instinctives que manifestent beaucoup de personnes pour certains objets, ou animaux. « J'ai vu des gens, dit Montaigne, fuir la senteur des pommes plus que les arquebusades; d'autres s'effrayer pour une souris, d'autres rendre gorge à voir de la crème, d'autres à voir brasser un lit de plume. » Tout le monde connaît des faits analogues; les biographies des hommes célèbres en rapportent de nombreux exemples, car il est remarquable d'observer souvent ce trouble mental chez des sujets d'une haute valeur intellectuelle. La vue d'un ânon faisait perdre connaissance au duc d'Epernon. Erasme ne pouvait sentir les lentilles sans avoir la fièvre. Scaliger frémissait de tout son corps en voyant du cresson. Tycho-Brahé se sentait défaillir à la rencontre d'un lièvre ou d'un renard. Le philosophe Chrysippe avait une si forte aversion pour les révérences qu'il tombait à la renverse quand on le saluait, et Juan Rol, chevalier espagnol, avait une syncope quand il entendait prononcer le mot *lana*, bien qu'il portât sans répugnance des habits de laine. Henri III, le maréchal duc de Schomberg, Wellington, Napoléon Ier, Meyerbeer ne pouvaient supporter la vue des chats.

Les états obsédants idéatifs, forme à laquelle bon nombre d'auteurs réservent le nom d'obsession, ne diffèrent pas des phobies par leur nature; il ne s'agit que de variétés à peine distinctes, de deux degrés d'un même état neuro-psychopathique. L'obsession n'est qu'une phobie intellectualisée. L'élément intellectuel, l'idée fixe de l'obsession, diffère grandement de l'idée fixe physiologique. Celle-ci, comme dit M. Ribot, est l'hypertrophie, la forme tétanique de l'attention. Elle se présente ainsi chez les compositeurs, les savants, dont elle domine l'esprit, à l'exclusion de toute autre manifestation d'activité psychique; mais cette idée, complètement absorbante, n'est pas pour cela pathologique. Elle est *voulue*, parfois même *cherchée*, *non douloureuse*, et elle ne rompt en rien, par son intervention, l'*unité* psychique de l'individu. Chez l'obsédé, l'idée fixe est spontanée, automatique, irrésistible; elle s'impose à la conscience, qu'elle envahit par une sorte d'effraction de la volonté; l'idée fixe pathologique est involontaire et en désaccord avec le cours des pensées de l'individu; c'est une *idée parasite* qui vient entraver la régularité des opérations mentales.

Toute idée peut donner lieu à l'obsession, en particulier celles qui se rapportent à la santé, à l'existence, à la vie future, à la peur de mal faire au point de vue moral et religieux. Les idées obsédantes ne sont pas d'ordinaire absurdes, impossibles en soi; elles sont intempestives, aberrantes, parce qu'elles occupent brusquement tout le champ de la conscience, sans qu'on puisse saisir une relation logique de l'idée fixe avec les pensées après lesquelles ou à propos desquelles elle a surgi. Une forme curieuse de ces idées imposées est le caractère de *contraste* qu'elles présentent parfois. Elles sont en contradiction complète avec les tendances du sujet, qui, par exemple, pense un blasphème lorsqu'il veut prier. L'automatisme cérébral a évoqué l'image précisément opposée à l'image cherchée.

Qui dit obsession dit lutte. La révolte de l'individu contre l'idée parasite et son effort constant pour s'y soustraire ont pu faire considérer l'obsession comme une *maladie de la volonté*. Il n'est pas absolument vrai de dire que chez les obsédés la volonté est amoindrie; ils sont susceptibles de donner de par ailleurs des preuves de grande énergie. S'ils ne réussissent pas à repousser l'obsession, cela prouve seulement que la tâche était au-dessus de leurs forces. On s'explique aisément que la volonté la plus ferme ne puisse vaincre une obsession en l'attaquant ouvertement, en la combattant corps à corps. Le plus clair résultat de cette lutte, c'est, en effet, de concentrer davantage l'attention sur l'idée à chasser, par suite, de la faire pénétrer plus profondément dans l'esprit. A l'angoisse de se sentir envahi par une idée étrangère se joint l'anxiété de ne pouvoir la chasser. L'obsédé, qui souffrirait de son obsession, souffre davantage de la lutte.

A côté des *obsessions idéatives* (obsessions du doute, proprement dit; obsessions du scrupule; obsessions du mot, du chiffre, du langage; obsessions du sentiment; obsessions nosophobiques, etc.), se placent les *obsessions impulsives*. Elles ne sont rien autre chose que l'idée obsédante d'accomplir un acte, indifférent ou criminel. Cette idée surgit dans l'esprit, inopinément, irrésistiblement, comme toutes les autres idées obsédantes; elle se dresse devant la conscience, qui cède ou repousse l'idée après une lutte anxieuse.

A cet égard, il y a lieu de distinguer les impulsions obsédantes *banales*, qui visent le plus souvent des actes bizarres, ridicules : toucher un objet sept fois, prononcer un mot, une formule, faire un geste, une grimace, marcher dans les flaques d'eau, éviter de poser les pieds sur des cailloux noirs, acheter chaque soir trois journaux et trois pipes, etc. Les sujets commencent par résister, sentant toute l'extravagance de pareils actes; mais, s'ils sont trop angoissés, ils cèdent. Alors, pour un temps variable, ils sont tranquilles. C'est l'*apaisement* consécutif.

Les principales des obsessions *criminelles* sont : les obsessions impulsives à la boisson (dipsomanie), aux achats (oniomanie), au jeu; les obsessions génitales, susceptibles de se présenter sous la forme onanique, sadique, masochiste, uraniste, surtout exhibitionniste; les obsessions impulsives à l'incendie (pyromanie), au vol (kleptomanie), au suicide, à l'homicide.

Ici, la scène change. L'obsédé a tellement conscience de la gravité de ces actes qu'il fait tout au monde pour n'y pas céder. L'obsession reste *théorique*, comme dit Ladame, bien que l'état émotif des obsédés soit cause qu'ils se croient toujours plus près d'une impulsion grave qu'ils ne le sont réellement. Parfois, cependant, l'obsession impulsive aboutit à l'*exécution*. Dans ces cas, l'impulsion n'est pas pure, il s'y joint un autre facteur morbide, tels que : dégénérescence marquée, affaiblissement intellectuel, intoxication morphinique ou autre, idée délirante, contagion par l'exemple, etc. Pour faire passer l'obsédé de l'idée à l'acte, il faut quelque chose de plus que l'obsession. Ainsi de Ravaillac : il était hanté par l'idée de tuer le roi, et trois fois il quitta Paris pour ne pas céder à la tentation, allant même jusqu'à briser la pointe de son couteau. Il succomba enfin, parce qu'il était convaincu qu'Henri IV voulait faire la guerre au Pape et détruire l'Eglise catholique. Ce n'était pas, chez lui, une obsession simple, mais une obsession liée à une idée erronée, sinon délirante.

Voilà, sans qu'il ait été tenu compte de la méthode d'exposition de MM. Pitres et Régis ni de la division de l'ouvrage en chapitres, quelques-unes des idées développées par les auteurs dans la première partie du livre.

La deuxième traite des *impulsions*; les auteurs considèrent l'impulsion en tant que modification de l'activité volontaire qui indique une tendance au retour vers le réflexe spinal. C'est là une étude psycho-physiologique du plus haut intérêt qui envisage l'intervention de la volonté dans toutes les formes, normales et pathologiques, des réactions motrices. Elle se termine par la relation de plusieurs histoires d'impulsions criminelles, avec la reproduction des rapports médico-légaux dressés par les auteurs.

Dr Henry Meige.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 2 Mars 1903.

La Section d'Economie rurale présente la liste suivante de candidats pour la place laissée vacante par le décès de M. Dehérain : en première ligne, MM. **L. Maquenne** et **Th. Schloesing** fils; en seconde ligne, MM. **G. André**, **G. Bertrand**, **Kunckel d'Herculais**, **L. Lindet** et **P. Viala**.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Mittag-Lœffler** communique ses recherches sur la généralisation de l'intégrale de Laplace-Abel. — MM. **J. Guillaume** et **G. Le Cadet** présentent leurs observations de la comète 1902 *b* faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon. — M. **Jean Mascart** donne les coefficients des perturbations des petites planètes par Jupiter qui ne dépendent que de l'élongation. — M. **J. Hadamard** rectifie une proposition énoncée précédemment sur les glissements dans les fluides.

2° Sciences physiques. — M. **E. Mascart** signale l'utilité du Service météorologique des Açores, dont les indications ont permis de prévoir les violentes tempêtes qui viennent de se déchainer sur nos régions. — M. **J. Boussinesq** a étudié l'absorption de la lumière : 1° par un corps, naturellement hétérotrope, auquel un champ magnétique assez intense imprime un fort pouvoir rotatoire; 2° par un corps isotrope, qu'un tel champ rend à la fois biréfringent et dissymétrique. — M. **E. Mathias** cherche à démontrer que les théories liquidogéniques des fluides ne sont pas incompatibles avec la théorie classique, qui obéit à la loi des phases. — MM. **H. Pender** et **V. Crémieu** ont repris ensemble leurs expériences contradictoires sur la convection électrique. Ils ne sont pas, jusqu'à présent, arrivés à une conclusion décisive. — M. **H. Giran** a mesuré la chaleur de combustion du phosphore blanc, qui est égale à + 369,4 cal. L'anhydride obtenu est surtout de l'anhydride amorphe. Les dissolutions récentes des trois variétés d'anhydride (cristallisé, amorphe et vitreux) contiennent, à peu près uniquement, de l'acide métaphosphorique. — MM. **Ch. Moureu** et **R. Delange** ont préparé une série de nouveaux acides acétyléniques en fixant l'anhydride carbonique sur les dérivés sodés des hydrocarbures acétyléniques $R.C \equiv C$ Na. Ces divers acides se décomposent par distillation sous la pression atmosphérique avec production d'hydrocarbure et dégagement de CO^2. — MM. **V. Auger** et **M. Billy** : Contribution à l'étude des thio-acides RCOSH (voir p. 340). — M. **H. Fournier**, en faisant réagir le chlorure d'éthyle-oxalyle sur l'éthylbenzène en présence d'Al^2Cl^6, a obtenu l'éther de l'acide *p*-éthylbenzènecétocarbonique, F.70°71°, dont l'anilide ou le toluide, chauffé avec H^2SO^4 étendu, fournit l'aldéhyde *p*-éthylbenzoïque, Eb.221°. — MM. **A. Haller** et **A. Guyot** ont préparé la tétraméthyl et la tétraéthyldiamidodiphénylanthrone symétriques, par condensation du chlorure d'anthraquinone avec la diméthyl- et la diéthylaniline en présence d'Al^2Cl^6. — M. **M. Nicloux** sépare la glycérine du sang par entraînement au moyen de la vapeur d'eau à 100° dans le vide et la dose par l'emploi du bichromate de potasse et de l'acide sulfurique.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Bonnier** compare l'oreille à un enregistreur manométrique, dans lequel le liquide endolymphatique subit la pression des vibrations sonores, mais avec déplacement de ce liquide, qui recule et s'échappe par des voies de dégagement. — M. **N.-A. Barbieri** décrit de nouvelles expériences qui confirment le fait que les ganglions nerveux des cellules postérieures appartiennent au système du grand sympathique. — MM. **A. Conte** et **C. Vaney** ont observé dans la cellule trachéale de l'Œstre des relations étroites entre la substance chromatique et le protoplasma; l'étude de sa membrane nucléaire permet de comprendre l'origine chromatique des formations considérées par Prenant comme protoplasma supérieur. — M. **J. Ray** a obtenu des cultures pures de neuf espèces d'Urédinées ou Ustilaginées. Les Charbons ont donné une forme levure, seule au début, accompagnée plus tard de mycélium; les Rouilles ont immédiatement produit un mycélium, et celle du Rosier a fourni une grande quantité de spores noires cloisonnées. — M. **J. Gosselet** signale la découverte de carapaces de Poissons du genre *Pteraspis* dans le Dévonien du Pas-de-Calais. — M. **L. Dollo** a trouvé, à Bernissart, une phalange de *Megalosaurus Dunkeri*; il donne, à ce sujet, un tableau d'ensemble des Dinosauriens de la Belgique. — M. **Paul Lemoine** a étudié la Montagne des Français à Madagascar; c'est le seul point, au nord de Madagascar, où le Crétacé supérieur et l'Eocène n'aient pas été enlevés par érosion. Ils le doivent au fait qu'ils sont recouverts d'une coulée de basalte venant du massif d'Ambre. — M. **E.-A. Martel** montre que les sources des terrains fissurés sont en voie de diminution et de disparition à la suite de la capture et de l'enfouissement progressif des eaux par le calcaire. — M. **Destenave** signale les reconnaissances géographiques effectuées sous sa direction dans la région du Tchad.

Séance du 9 Mars 1903.

M. **Th. Schlœsing fils** est élu membre dans la Section d'Economie rurale, en remplacement de M. P.-P. Dehérain, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. **C. Guichard** communique ses recherches sur une transformation d'une classe particulière de systèmes triples orthogonaux. — M. **W. de Tannenberg** indique un procédé particulier pour déterminer les surfaces de Weingarten ou, ce qui revient au même, les surfaces applicables sur des surfaces de révolution. — M. **L. Autonne** expose les principales propriétés de l'hypohermitien. — M. **A. Sénonque** communique ses observations photographiques de la comète 1902 *b*, faites à l'Observatoire de Meudon; on constate de grandes variations dans l'étendue des queues. — M. **P. Duhem**, considérant les petits mouvements isothermiques d'un milieu vitreux, affecté de viscosité, et soumis seulement à des actions superficielles, montre qu'ils peuvent présenter des ondes d'ordre n ($n \geqslant 2$) par rapport aux composantes u, v, w de la vitesse.

2° Sciences physiques. — M. **J. Boussinesq**, généralisant la théorie de l'extinction graduelle des ondes planes à mouvements pendulaires, en tire une théorie de la translucidité. — M. **G. de Metz** a déterminé le module de rigidité du vernis au copal par la formule de Maxwell, au moyen de la relaxation très lente de la double réfraction accidentelle provoquée dans ce milieu par une déformation mécanique. Il est arrivé à une valeur du même ordre que celle obtenue par Schwedoff pour la gélatine avec une méthode toute différente. — MM. **V. Crémieu** et **H. Pender** décrivent un nouveau système magnétique astatique pour l'étude des champs très faibles. Il se compose essentiellement d'un petit fléau horizontal portant à une de ses extrémités un aimant vertical et à l'autre un contrepoids non magnétique, le tout supporté par un fil métallique long et fin, fixé au milieu du fléau; lorsque l'axe magné-

tique de l'aimant sera exactement vertical, le champ terrestre sera sans action sur le fil de torsion. — **M. Vasilesco-Karpen** communique les résultats de ses expériences de convection électrique, qui lui paraissent ne plus devoir laisser de doute sur l'existence de l'effet Rowland. — **M. Th. Guilloz** décrit un procédé de radioscopie stéréoscopique (voir p. 340). — **MM. C. Marie** et **R. Marquis** présentent un thermostat à chauffage et régulation électriques. — **M. H. Moissan** a obtenu, par union directe du rubidium et du césium avec l'hydrogène, des composés cristallisés de formule RbH et CsH. Ce sont des réducteurs énergiques, décomposant, à la température ordinaire, l'eau, H^2S et HCl. Avec SO^2 à basse température, ils donnent des hydrosulfites; avec CO^2 à froid et par union directe, des formiates; avec AzH^3, des amidures. — Le même auteur a constaté que les hydrures métalliques ne conduisent aucunement le courant électrique. L'hydrogène n'est donc pas comparable aux métaux et les hydrures métalliques ne peuvent être assimilés à des alliages définis. — **M. A. Joannis**, en évaporant à basse température, dans une atmosphère de CO, une solution de sulfate cuivreux et de CO, a obtenu des cristaux de formule $SO^4Cu^2,2CO,H^2O$. Il peut exister aussi une combinaison de sulfate cuivreux avec l'ammoniaque ou le phosphure d'hydrogène. — **M. F. Bodroux**, en faisant réagir le magnésium sur les éthers-oxydes des bromonaphtols, puis traitant le produit de la réaction par un courant de CO^2, a obtenu les acides oxy-2-naphtoïques-1. — **M. C. Gessard** a constaté que, chez les Seiches, la tyrosinase est ordinairement accompagnée de la laccase; on y peut même rencontrer une diastase oxydante d'un autre genre, qui n'agit qu'à la faveur d'un composé peroxydé. — **MM. C. Delezenne** et **H. Mouton** ont reconnu que les Champignons basidiomycètes renferment, à côté d'une kinase, une érepsine, ferment capable de transformer la peptone et les albumoses en produits de désintégration simples, qui ne donnent plus la réaction du biuret.

3° Sciences naturelles. — **M. Ch. Gravier** décrit le système nerveux du Nautile et confirme l'existence d'une commissure anale, niée par Pelseneer. — **MM. J. Bonnier** et **Ch. Pérez** ont trouvé dans le Golfe Persique une Salpe nouvelle qui présente un mode particulier de constitution de la chaîne (chaîne en guirlande); ils en font le type d'un sous-genre nouveau et la désignent sous le nom de *Stephanosalpa polyzona*. — **M. Leclerc du Sablon** signale des expériences de greffe qui semblent montrer que les porte-greffes les plus avantageux sont ceux dont les racines emmagasinent le moins de matières de réserve; les tiges conservent alors une plus grande proportion de substances élaborées par les feuilles et sont rendues plus fertiles. — **M. P. Ledoux** a étudié le développement du *Cicer arietinum* après des sectionnements de l'embryon. La gemmule sectionnée n'est jamais régénérée; la tige principale qui en serait née est remplacée par deux vigoureux rameaux cotylédonaires; on observe, au moins dans les premiers nœuds, des variations de forme et de structure de l'appareil végétatif. — **M. P.-A. Dangeard** a découvert un nouveau parasite des anguillules; c'est un champignon à spores immobiles qui sortent par projection brusque. L'auteur le nomme *Protascus subuliformis*. — **M. S. Ikeno** a observé, chez le *Marchantia polymorpha*, que les soi-disant blépharoplastes dérivent des centrosomes; pour lui, il en serait de même chez toutes les Cryptogames vasculaires et les Gymnospermes zoïdiogames. — **MM. L. Duparc, L. Mrazec** et **F. Pearce** ont constaté, dans l'Oural du Nord, l'existence d'un mouvement antérieur au dépôt du Carbonifère inférieur. — **M. F.-A. Forel** signale une chute de poussières éoliennes, le 22 février, en Suisse, Tyrol, France septentrionale et occidentale, Angleterre méridionale et Pays de Galles. Ces poussières proviennent vraisemblablement de la Péninsule Ibérique, du Maroc ou du Sahara occidental, d'où elles ont été amenées par des vents violents.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 7 Février 1903.

M. C. Delezenne a constaté qu'un mélange de suc pancréatique et de suc intestinal produit une hémolyse rapide des globules rouges de lapin, suivie d'une digestion de l'hémoglobine. — **MM. Em. Bourquelot** et **H. Hérissey** ont observé que la chaux à de très faibles doses arrête l'action de l'invertine, sans détruire les propriétés de cette dernière. L'action entravante de la chaux peut être détruite par ébullition. — **M. Pissot** a reconnu que le mélange suivant : chlorure de zinc 1/100; NaCl satur.; alun 10 °/₀; eau distillée, est un bon désinfectant et en même temps un merveilleux désodorisant. — **MM. H. Stassano** et **F. Billon** ont constaté que la saignée provoque toujours une augmentation du nombre des leucocytes dans le sang, sauf lorsqu'elle est effectuée dans un accès d'hyperleucocytose due à des causes fortuites. Cette augmentation porte surtout sur les leucocytes polynucléaires. — **M. L. Grimbert** recherche le maltose en présence de glucose en séparant les deux osazones par la différence de leur solubilité dans l'eau et dans l'acétone étendue. — **MM. L. Grimbert** et **V. Couland** ont reconnu que la substance réductrice du liquide céphalo-rachidien est du glucose. — **MM. Hallion** et **Laignel-Lavastine** ont observé que les fibres vaso-constrictives destinées à la capsule surrénale quittent la partie inférieure de la moelle dorsale pour aborder le cordon sympathique thoracique à partir du 8ᵉ rameau communiquant; elles passent de là dans les nerfs splanchniques, d'où elles gagnent la capsule du côté correspondant. — **M. L. Lapicque** et **Mme Gatin-Gruzewska** ont constaté que le cœur du chien chloralisé fortement bat rythmiquement sous l'influence du sérum de Locke, tandis que le cœur normal est mis en état de trémulations par ce même sérum. — **M. P. Portier** a reconnu que les sucres suivants subissent la glycolyse par le sang de chien ou de lapin : glucose, galactose, lévulose, mannose, maltose, dioxyacétone. Le sérum, après filtration sur bougie de porcelaine, a perdu tout pouvoir glycolytique. — **M. J. Jolly** a observé que la température influence directement les phénomènes dynamiques de la division cellulaire. — **M. E. Maurel** montre que le volume du foie est en rapport direct avec la déperdition du calorique par surface cutanée et avec le genre d'alimentation. — **MM. A. Conte** et **A. Bonnet** ont trouvé dans l'appareil génital des *Helix aspersa* un Nématode parasite, l'*Angiostoma Helicis*. — **M. Troussaint** pense que la séro-réaction de Widal, d'une grande valeur diagnostique, ne peut être d'aucun secours dans l'appréciation de la gravité des cas. — **M. M. Labbé** a constaté que les microbes exercent sur l'hémoglobine du sang des phénomènes de réduction, car ils empruntent à l'oxyhémoglobine une partie de l'oxygène dont ils ont besoin; sous l'influence des toxines mêmes, l'oxyhémoglobine passe à l'état d'hémoglobine réduite ou de méthémoglobine. — **MM. F. Bezançon, V. Griffon** et **Philibert** signalent des causes d'erreur dans le diagnostic du bacille tuberculeux recherché dans les caillots par l'examen microscopique.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Mars 1903.

M. de Chardonnet, à propos de la communication faite à la dernière séance par M. Brillouin, au nom de M. Tissot, rappelle d'anciennes expériences susceptibles d'éclairer la théorie du nouveau récepteur de M. Marconi[1]. M. de Chardonnet annonçait, en 1882, que, si l'on remplaçait, dans le circuit téléphonique, le récepteur par un galvanomètre, et qu'on influençât le récepteur par une sonorité quelconque, on n'observait rien

[1] *C. R. Acad. Sciences*, t. XCIV, 27 mars 1882.

tant que le son conservait la même intensité; si, au contraire, l'intensité du son augmentait ou diminuait, l'aiguille était déviée dans un sens ou dans l'autre, selon que le son augmentait ou diminuait. L'effet était d'autant plus rapide et intense que le son se produisait ou disparaissait plus brusquement. L'interposition d'un microphone accentuait encore le phénomène. **M.** de Chardonnet expliquait cet effet ainsi : « Tant que les oscillations de la plaque vibrante conservent la même amplitude, les courants induits, alternatifs dans les deux sens à chaque vibration complète, compensent leur action sur le galvanomètre, soit qu'ils émanent d'un microphone ou d'un électro-aimant. Mais, si les oscillations sont amorties ou, au contraire, augmentent d'intensité, les courants induits, direct et inverse, ne mettent plus en mouvement, deux à deux, les mêmes quantités d'électricité. Les résidus, de même signe à chaque oscillation complète, s'accumulent pour faire dévier l'aiguille, et la déviation est d'autant plus intense que le son croît ou décroît plus rapidement. C'est ce que démontre l'expérience. » Or, dans le récepteur nouveau de M. Marconi, nous trouvons, comme dans l'expérience précédente, un champ magnétique excitant, dans le circuit téléphonique ou galvanométrique (expérience de M. Rutherford), des courants alternatifs de signes contraires et d'intensité égale à l'état de régime. Une onde électrique vient-elle augmenter la quantité d'électricité mise en mouvement pendant la croissance et la décroissance de cette action superposée, les courants alternatifs cesseront de se compenser, et les résidus de chaque période s'ajouteront pour mettre en action le téléphone ou l'aiguille aimantée. Les choses paraissent donc se passer exactement comme dans l'expérience de 1882, avec cette différence seulement que, dans l'ancienne expérience, c'étaient les courants de régime qu'on laissait croître ou décroître, tandis que, dans le dispositif de M. Marconi, le régime créé par le champ magnétique alternatif reste constant, et qu'on lui superpose l'action de l'onde passant par l'antenne; le courant actionnant le téléphone varie donc comme la somme algébrique de ces deux effets. Les phénomènes étant analogues dans les deux cas, on ne concevrait guère que l'explication fût différente. — **M. Gulliet**, ingénieur de la maison de Dion, Bouton et C[ie], présente à la Société un groupe électrogène. Le groupe comprend un moteur à essence et une dynamo montés sur le même arbre et tournant à 1.500 tours par minute. Le moteur est du type ordinaire de la maison. L'allumage, qui se fait électriquement, est devenu très fidèle depuis qu'on a eu l'idée de ménager une coupure sur le circuit de la bougie. Un régulateur électrique, ne consommant que quelques watts, agit sur le robinet d'admission du moteur. Le groupe est surtout caractérisé par sa grande légèreté, la facilité de son installation et de sa mise en marche. — **M. Guilloz** a observé que la notion de relief stéréoscopique était conservée quand les images étaient intermittentes et non simultanées pour les deux yeux, à condition qu'il n'y eût pas trop d'intervalle entre les images successives. Dans ces conditions, on obtient un excellent relief en radioscopie au moyen d'un tube oscillant, dont la course est égale à l'intervalle des yeux de l'observateur. Si un système d'électro-aimant permet la vision de chacun des yeux de l'observateur respectivement aux deux extrémités de la course du tube, on obtient les apparences de stéréoscopie réalisées l'année dernière par M. Guilloz, à la séance de Pâques, avec deux tubes.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 27 Février 1903.

M. de Clermont présente une note de **M. Hans Kanter** sur les silicates alcalinoterreux, l'acide silicique et les silicates alcalins. — M. Boudouard présente une note de **M. Nicloux** sur l'entraînement de la glycérine par la vapeur d'eau. — **M. Valeur** communique le résultat de ses recherches sur le tétraphénylbutanediol-1:4. — **MM. Auger** et **Billy** ont préparé, par saponification, au moyen de NaHS, des éthers phénoliques correspondants, les sels de sodium des acides : thioisovalérique, thiomyristique, thiopalmitique, thiooxalique et thiomalonique. Ils ont obtenu par l'action de NaHS à 180° sur les éthers-sels : le sel de Na de l'acide et le mercaptan correspondant à l'alcool de l'éther-sel. NaHS a fourni en solution alcoolique avec l'acétate de benzaldoxime, par saponification et migration moléculaire, la thiobenzamide. Dans les mêmes conditions, l'acétate de l'acétophénone-oxime a fourni de l'éther acétique; l'acétyl- et la diacétylphényl-hydrazines sont restées inattaquées, même à 200°. Les thioamides ont simplement fourni le dérivé sodé correspondant, avec départ de H^2S. — **M. C. Marie** communique les résultats de ses recherches sur les acides oxyphosphiniques. Il décrit les acides oxyphosphiniques dérivés de la méthyléthylcétone, de la méthylpropylcétone et de la benzophénone. Pour les acides oxyphosphiniques dérivés des aldéhydes, il décrit deux nouvelles méthodes de synthèse : la 1[re] par condensation directe de PO^3H^3 avec l'aldéhyde; la 2[e] par condensation de PO^2H^3 avec l'aldéhyde et oxydation ultérieure au moyen du brome ou de $HgCl^2$. Ces deux méthodes ont été appliquées aux aldéhydes benzoïque, éthylique et isovalérique. — **M. Moulin** a envoyé une note sur le dosage de la vanilline dans les vanilles. — **M. A. Trillat** a envoyé une note sur le dosage de la glycérine dans le vide. — **MM. Trillat** et **Forestier** ont envoyé une note sur la composition du lait de brebis.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

SCIENCES PHYSIQUES.

W.-J. Russell : Sur la formation de figures définies, par le dépôt de la poussière. — L'auteur montre que, lorsqu'une plaque de verre ou d'autre substance est légèrement chauffée, puis soumise au refroidissement pendant 6 à 7 minutes dans une atmosphère chargée de poussière, il se forme une figure définie sur la plaque. La figure est déterminée par la forme de la plaque sur laquelle elle se dépose. Si l'on emploie une plaque carrée, il se forme une simple croix, un rayon de poussière partant de chaque angle de la plaque et se dirigeant vers le centre. Si la plaque est triangulaire, il part aussi un rayon de chaque angle, et avec une plaque octogonale il se forme une étoile à huit rayons. Dans tous les cas, le nombre et la position des angles de la plaque déterminent la forme de la figure. On a employé généralement la poussière produite en brûlant un ruban de magnésium, mais toute poussière fine agit de la même façon et donne les mêmes figures.

Quant à la plaque sur laquelle la figure se dépose, sa composition n'a pas d'importance, sinon comme support de la poussière. Pour beaucoup de raisons, une plaque en verre est préférable; mais les figures se forment avec autant de régularité et de finesse sur une plaque de cuivre, de mercure, d'ébonite, de gomme ou de carton, etc. Pour chauffer la plaque, on peut la passer plusieurs fois sur la flamme d'une lampe, en la chauffant aussi uniformément que possible (si c'est une plaque en verre, jusqu'à ce que l'humidité condensée sur le dessous de la plaque ait disparu); ou bien on peut chauffer la plaque en la déposant pendant trente minutes sur une plaque en cuivre chauffée à environ 120° C, ou bien encore on peut simplement la chauffer dans un bain d'air ou d'eau. Il est préférable de supporter la plaque par trois morceaux de fil de fer d'environ 4 centimètres de longueur; un récipient rempli de poussière est renversé sur elle pendant 6 ou 7 minutes.

Afin d'obtenir des figures symétriques, la plaque sur laquelle les poussières se déposent doit être parfaitement horizontale; comme les figures formées sont très sensibles à la chaleur, il ne doit y avoir aucun chauffage

inégal soit de la plaque, soit de l'atmosphère environnante pendant que le dépôt se forme.

Aussi longtemps que la plaque et l'atmosphère environnante sont à peu près à la même température, il ne se produit que des dessins imparfaits; mais, à mesure que la température s'élève, des dessins de plus en plus parfaits apparaissent.

Si la plaque a une température supérieure à 17°, des traces de dessins se produisent lorsque la plaque a une température légèrement inférieure à celle de l'atmosphère environnante; mais, lorsque la différence de température est de 6° ou plus, ces traces disparaissent aussitôt.

Il se produit de très bons dessins avec une plaque ayant une température supérieure de 12° ou plus à celle de l'air chargé de poussière; même lorsque la différence est de 100° ou 120°, il se produit des dessins distincts mais fins.

Si l'on chauffe légèrement le dessous de la plaque lorsque le dépôt a lieu, la figure est renforcée et altérée d'une façon curieuse. La chaleur rayonnante impressionne aussi ces figures, comme le montrent l'action d'un brûleur de Bunsen à une distance de 30 à 65 centimètres, et celle d'autres sources de chaleur à des distances considérables de la plaque. Quelques effets singuliers et compliqués se produisent également lorsque l'on place une source de chaleur au-dessus de la plaque au lieu de la mettre au-dessous.

Un grand nombre d'expériences ont aussi été entreprises pour montrer l'effet que produisent les différents corps placés dans le voisinage immédiat de la plaque sur les figures qui se forment.

Prenons un seul exemple, celui d'une épingle. Lorsqu'elle est placée en contact et à angle droit par rapport à la plaque, il se produit un dépôt défini; et il varie suivant que l'épingle est de plus en plus éloignée, et suivant qu'elle est au même niveau que la plaque, ou à un niveau supérieur ou inférieur. Même lorsque l'épingle est placée à 6 millimètres au-dessous du niveau de la plaque, et à une distance latérale de 2 millimètres, un effet distinct se produit. Ces courants de poussière peuvent être influencés d'une façon remarquable en suspendant des glaces de différentes tailles et à différentes hauteurs au-dessus de la plaque sur laquelle les figures se déposent. L'auteur a aussi étudié les effets produits par des obstacles de dimensions différentes posés sur diverses parties de la plaque. Un courant de poussière envoyé à travers un tube forme une figure caractéristique lorsqu'il passe au-dessus de la plaque, laquelle n'a pas besoin d'être chauffée.

Si on laisse se déposer de la poussière de magnésie, à une température d'environ 17° C., sur de l'eau pure ou sur de l'eau contenant une très petite quantité d'alcool ou de glycérine, le dépôt qui se forme à la surface de l'eau se condense en tombant au fond de l'eau en une figure de forme cellulaire.

La poussière de magnésie employée généralement pour ces expériences subit des changements curieux. Lorsqu'elle vient de se déposer, elle s'envole dès qu'on la touche; mais, si l'on conserve la plaque pendant une semaine ou une quinzaine, on peut brosser doucement la poussière sans que la figure soit abîmée. On s'aperçoit d'un autre changement subi par cette poudre lorsqu'on la recueille immédiatement après sa formation et qu'on l'examine au microscope; on trouve alors qu'elle est formée de particules séparées de formes irrégulières; mais, si on la recueille quelques minutes après sa formation, on voit que les particules se sont réunies ensemble en formant de petites fibres irrégulières. Dans les diverses figures qui ont été obtenues, la magnésie semble avoir revêtu cette seconde forme.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 18 Février 1903.

M. **G. D. Lander** a étudié le réarrangement moléculaire des imino-éthers substitués à l'Az. Le réarrangement du groupement .C(OR):Az. en .CO.AzR. peut être effectué catalytiquement sous l'influence des halogénures d'alkyles; les iodures sont les plus efficaces; l'isomérisation est plus rapide avec les composés méthyliques qu'avec les composés éthyliques. Le réarrangement par la chaleur a lieu beaucoup plus difficilement. — Le même auteur expose une nouvelle hypothèse sur la nature et le mécanisme probable du remplacement des radicaux métalliques par des radicaux organiques dans les composés tautomères. — MM. **W. J. Sell** et **F. W. Dootson**, en faisant réagir le malonate d'éthyle sodé sur la 2:3:4:5-tétrachloropyridine, ont obtenu le 2:3:5-trichloropyridyl-4-malonate d'éthyle, qui perd CO^2 par hydrolyse en donnant l'acide 2:3:5-trichloropyridylacétique. Ce dernier, chauffé au-dessus de son point de fusion, se décompose quantitativement en 2:3:5-trichloro-4-méthylpyridine. — MM. **A. Mc Kenzie** et **A. Harden** ont étudié l'action du *Penicillium glaucum*, du *Sterigmatocystis nigra* et de l'*Aspergillus griseus* sur un certain nombre de composés racémiques. En général, le mode d'action de ces moisissures est tel qu'un des isomères actifs est attaqué plus rapidement que l'autre, lequel se trouve alors en excès dans le produit de la fermentation. — M. **W. N. Hartley** a remarqué que le spectre caractéristique des solutions aqueuses de chlorure de cobalt saturées à 20°, examiné entre 23° et 93°, diffère de celui des solutions d'acide chlorhydrique; le composé formé à 93°-100° en solution neutre semble être le dihydrate $CoCl^2, 2H^2O$ et non le sel anhydre. La solution dans l'acide chlorhydrique contient probablement un composé du sel avec l'acide. — M. **S. Ruheman**, en condensant le benzylidènemalonate d'éthyle avec la benzamidine, a obtenu le dihydrodiphénylpyrimidonecarboxylate d'éthyle; lorsqu'on traite ce composé par l'ammoniaque, le noyau s'ouvre, puis se referme avec perte de CO^2 et d'alcool en donnant la dihydrodiphénylpyrimidone, F. 180°. En étudiant l'action de l'ammoniaque sur les éthers éthyliques des acides oléfine-β-cétocarboxyliques, l'auteur a trouvé que l'éthylidène-acétoacétate et le furylidène-acétoacétate d'éthyle donnent respectivement l'hydrocollidinedicarboxylate et l'hydrofuryllutidinedicarboxylate d'éthyle. — M. **F. D. Chattaway** a préparé un certain nombre de dérivés de la *p*-aminoacétophénone.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Février 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Morera** s'occupe de la transformation des équations différentielles de Hamilton. Il rappelle que la transformation d'un système de ces équations a été étudiée amplement par Sophus Lie; cependant, M. Morera démontre que la discussion de ce sujet gagne beaucoup en généralité, en simplicité et en élégance, lorsque l'on part de la considération du covariant bilinéaire d'une expression différentielle particulière. — M. **Burgatti** examine les conditions d'un système spécial d'équations aux dérivées partielles et il en fait l'application à un problème de Géométrie. — M. **Frattini** démontre l'existence d'un groupe continu Γ de transformation, doué de la propriété suivante : lorsqu'une transformation du groupe est décomposée d'une manière quelconque en facteurs (transformation du groupe même), le nombre des facteurs est toujours fini.

2° Sciences physiques. — MM. **Koerner** et **Vanzetti** ont fait des recherches sur l'olivile, sur sa composition et sa constitution. L'olivile a été extrait en 1816, par Pelletier, de la gomme de l'olivier, dont il est le constituant principal, et sur ce corps on possède déjà plusieurs travaux; Sobrero lui attribua la formule $C^{14}H^{18}O^5$. MM. Koerner et Vanzetti, en observant que la formule de Sobrero et d'autres formules proposées ne paraissaient pas exactes dans diverses réactions, ont repris l'étude de l'olivile, dont ils ont déterminé la formule suivante : $C^{20}H^{24}O^7$. — La présence de la

cholestérine dans le lait ayant été établie par plusieurs observateurs, M. **Menozzi** a cherché si la cholestérine existait encore dans la bile. Il a commencé par déterminer avec une grande précision la nature de la cholestérine, en vue de l'importance que cette étude présente pour reconnaître les adultérations du beurre avec la margarine; et, poursuivant ses recherches chimiques et cristallographiques sur la cholestérine du beurre et de la bile, il arrive à la conclusion que ces deux substances sont identiques.

3° Sciences naturelles. — M. **Borzi** fait une communication sur le cas très rare, et probablement nouveau, de la dissémination directe des embryons, au lieu des graines, que présentent plusieurs espèces du genre *Inga* (Mimosée). Les embryons de *Inga* arrivent sur le sol recouverts seulement d'une enveloppe pulpeuse, sucrée, propre à attirer les oiseaux, qui contribuent de cette manière à la dissémination de la plante. Les embryons se montrent aptes à conserver longtemps leur faculté germinative, possédant toutes les qualités physiologiques et biologiques des graines complètes, auxquelles ils ressemblent par les caractères extérieurs et même par des analogies dans la période germinative. — M. **Enriques** a poursuivi ses recherches sur les Infusoires, en étudiant l'adaptation des Infusoires qui vivent dans l'eau de mer à la vie dans l'eau douce; il donne la description de ses expériences, qui prouvent que la mort de quelques espèces d'Infusoires et la résistance d'autres espèces ne se rattachent pas aux propriétés de perméabilité des membranes externes, mais probablement doivent résider dans les phénomènes chimiques qui se produisent dans les différents organismes. — Mlle **Foà** s'est occupée de la question des parasites du vaccin, et pendant deux années, dans le laboratoire d'Anatomie de l'Université de Rome, a poursuivi ses recherches dans le but de trouver la démonstration de la nature parasitaire des Cytoryctes. Malheureusement, ce but n'a pas été atteint parce que les expériences prouveraient que les Cytoryctes ne sont pas des parasites vivants du vaccin; pourtant, il ne reste pas impossible qu'ils renferment de vrais parasites, que l'on ne peut apercevoir parce qu'ils échappent à nos moyens d'investigation. D'autre part, Mlle Foà a fait d'importantes observations sur la nature des Cytoryctes, sur leur manière de se comporter dans des milieux différents et sur les formes que l'on rencontre dans la clavelée des brebis. — M. **Ducceschi** décrit une modification macroscopique qu'il a observée dans le sang et qui précède la coagulation, modification qui n'a pas été encore signalée; cette modification consiste en une agglomération de petites granulations blanchâtres, se formant au fond d'un verre de montre où l'on a déposé trois ou quatre gouttes de sang, lorsqu'on incline le verre plusieurs fois de suite. Ces granulations, observées au microscope, montrent qu'elles sont formées par les *piastrine*, éléments figurés protoplasmiques du sang découverts par Bizzozero. M. Ducceschi, rappelant que chez les animaux inférieurs un phénomène semblable représente la seule modification que subit le sang en dehors de l'organisme, croit que le phénomène signalé par lui est une modification de caractère général qui précède la production de la fibrine. Il serait intéressant d'étudier les modifications que le phénomène présente dans les différentes conditions pathologiques qui sont en relation directement ou indirectement avec le sang.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 8 *Janvier* 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Schell** a construit, pour le nivellement de précision, une règle en acier à 36 °/₀ de nickel avec laquelle il a obtenu de très bons résultats.

2° Sciences physiques. — M. **A. Lampe** étudie les vibrations électromagnétiques d'une sphère nue, ainsi que celles d'une sphère entourée d'une enveloppe concentrique diélectrique. Il en déduit que, si l'on entoure un excitateur d'ondes électriques d'une enveloppe diélectrique, dont la constante diélectrique est plus grande que celle de l'air : 1° la durée de vibration des oscillations électriques de l'excitateur est augmentée; 2° l'amortissement de celles-ci est diminué; 3° la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique qui se développe à l'extérieur de l'enveloppe diélectrique dans l'air ambiant est augmentée.

3° Sciences naturelles. – M. **C. Doelter** communique la seconde partie de son travail sur les roches de Monzoni.

Séance du 15 *Janvier* 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Ed. Mazelle** a étudié les oscillations microséismiques du pendule et leur rapport avec le vent et la pression de l'air. L'oscillation pendulaire est, en général, le plus accusée les jours de basse pression barométrique. On constate aussi que les jours de vent violent coïncident fréquemment avec les jours de forte oscillation.

2° Sciences physiques. — M. **J. Billitzer** a constaté que, par des additions déterminées à une solution, on peut arriver à renverser la différence de potentiel entre un métal et la solution, conséquence prévue par la théorie de la production du courant de Nernst. Au point où ce renversement a lieu, la différence de potentiel métal-solution est nulle, ce qui permet de déterminer des potentiels absolus. Pour rendre compte des faits, l'auteur est amené à modifier l'hypothèse de la double couche électrique d'Helmholtz.

3° Sciences naturelles. — MM. **C. Doelter** et **K. Went** décrivent une nouvelle roche de la région de Monzoni, la *rizzonite*, appartenant au groupe de la camptonite; sa composition moyenne est la suivante : SiO^2 42,35; Al^2O^3 16,24; Fe^2O^3 5,33; FeO 6,28; MgO 8,97; CaO 12,46; Na^2O 2,37; K^2O 2,01; H^2O 2,87; TiO^2 0,41. Ses minéraux constituants sont : l'augite, l'olivine, la magnétite et la glasbase; c'est l'équivalent filonien de la limburgite.

Séance du 22 *Janvier* 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Mellchar** : La détermination des limites d'ombre portée sur les surfaces du 2° degré par l'éclairement parallèle.

2° Sciences naturelles. — M. **F. Steindachner** a déterminé quelques genres nouveaux de Poissons et de Reptiles faisant partie des collections du Muséum de Vienne. Ce sont : l'*Epicrates wieningeri*, le *Leptognathus intermedia*, le *Plesiops altivelis*, le *Chaetodon éques* et le *Gymnocharacinus bergii*. — Le même auteur a étudié les Batraciens et les Reptiles rapportés du sud de l'Arabie et de Socotra par l'Expédition autrichienne.

Séance du 5 *Février* 1903.

1° Sciences physiques. — MM. **J. Mauthner** et **W. Suida**, en oxydant la cholestérine par l'acide nitrique, ont obtenu un acide $C^{12}H^{16}O^{8}$, qui se transforme à 160° par élimination d'eau en un corps $C^{24}H^{30}O^{15}$; il se forme aussi un acide $C^{13}H^{18}O^{8}$, homologue du premier. On isole également ce dernier des produits de l'oxydation par le permanganate à froid. A chaud, il se forme un acide $C^{14}H^{20}O^{8}$. Ces trois acides sont tétrabasiques; leurs sels de chaux sont solubles dans l'eau froide et insolubles dans l'eau chaude, d'où ils cristallisent avec 8 molécules d'eau. — M. **F. Breinl** : Sur la façon dont se comportent les fibres animales et la peau vis-à-vis des acides (contribution à la théorie de la teinture et du tannage). — M. **J. Hann** : Observations et mesure de la température, de la teneur en sel, de la couleur et de la transparence de l'eau dans le nord de l'Adriatique pendant l'hiver 1901.

2° Sciences naturelles. — M. **R. Eberwein** : Rapports anatomiques de la feuille du palmier de Palmyre (*Borassus flabelliformis*).

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 31 Janvier 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. D.-J. Korteweg** : *Les points de plissement et les plis correspondants à la proximité du bord de la surface Ψ de van der Waals.* I. Partie descriptive, donnant un aperçu des résultats. 1. Comme on le sait, le bord $x = 0$ de la surface Ψ, représentée par

$$\psi = -\mathrm{MRT} \log (v - b_x) - \frac{a_x}{v} + \mathrm{MRT}[x \log x + (1 - x) \log (1 - x)], \quad (1)$$

où

$$a_x = a_1 (1 - x)^2 + 2 a_{12} x (1 - x) + a_2 x^2 = a_1 + 2(a_{12} - a_1) x + (a_1 - 2 a_{12} + a_2) x^2, \quad (2)$$

$$b_x = b_1 (1 - x)^2 + 2 b_{12} x (1 - x) + b_2 x^2 = b_1 + 2(b_{12} - b_1) x + (b_1 - 2 b_{12} + b_2) x^2, \quad (3)$$

ne porte un point de plissement que si la température T est égale à la température critique T_k de la substance principale ; dans ce cas, le point de plissement se présente toujours. Alors ce point coïncide avec le point critique de la substance principale pour lequel on a $v = 3b_1$; dans nos figures, ce point est indiqué par K, le point de plissement par P. Si la température varie, le point de plissement et le pli correspondant peuvent se comporter en général de deux manières différentes. Ou bien, comme dans les quatre cas reproduits à gauche de la figure 1, qui fait connaître des projections (v, x) de parties du bord de la surface Ψ, le point de plissement en quittant l'axe $x = 0$ se meut vers les x positifs, si la température augmente; ou bien, comme dans les quatre cas reproduits à droite, le point de plissement se meut vers les x négatifs et quitte donc la surface, si la température augmente. Ainsi, dans le premier cas, c'est l'accroissement, dans le second cas c'est la décroissance de la température qui fait apparaître le point de plissement. Cette différence se manifeste nécessairement dans la conduite des lignes connodale et spinodale. En effet, si la température décroît, le bord est rencontré par la ligne connodale dans les deux points de contact de la tangente double et par la ligne spinodale dans les deux points d'inflexion du bord; au contraire, si la température de la substance principale s'élève au-dessus de T_k, les deux courbes indiquées se détachent de l'axe $x = 0$. Donc, dans les quatre cas de gauche, ces deux courbes tournent leur convexité, dans les quatre cas de droite elles tournent leur concavité vers l'axe $x = 0$, comme l'indique la figure, où la ligne connodale est représentée en trait

Côté des grands volumes

$T = T_k + \delta$ $\quad$ $T = T_k - \delta$

où δ est assez petit.

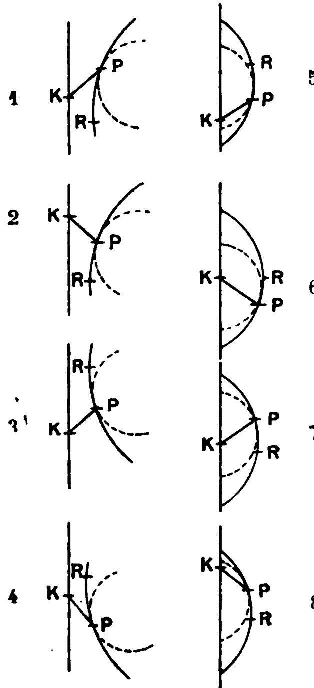


Fig. 1. — *Influence de la température sur le point de plissement et la forme des lignes connodale et spinodale.*

plein, la ligne spinodale en trait pointillé. Ainsi une décroissance de la température fait naître dans les quatre cas de gauche la forme représentée par la figure 2; au contraire, un accroissement de la température fait disparaître de la surface, dans les quatre cas de gauche, les courbes connodale et spinodale en même temps que le point de plissement lui-même. A côté de cette différence entre les cas de gauche et de droite, l'auteur attire l'attention sur deux autres circonstances. *D'abord*, il a pris en considération la direction de la tangente commune des deux courbes au point de plissement, inclinée à droite dans les cas supérieurs 1, 2, 5, 6 et à gauche dans les cas inférieurs 3, 4, 7, 8; c'est de cette circonstance que dépend la production de l'une ou l'autre des deux espèces de condensation rétrograde[1]. *Ensuite*, il a distingué les cas 1, 3, 5, 7 des cas 2, 4, 6, 8 par la direction de la droite KP, représentant toujours une petite corde de la courbe de plissement du diagramme (v,x) et indiquant donc la direction initiale de cette droite, à partir du point K. Dans tous les cas de la figure 1, le point de contact critique est indiqué par R. Les trois alternatives engendrent donc huit cas théoriques : dans quelles circonstances chacun de ces cas se présente-t-il, si l'on a affaire à un mélange binaire à une substance prédominante, pour lequel la petitesse de x permet de

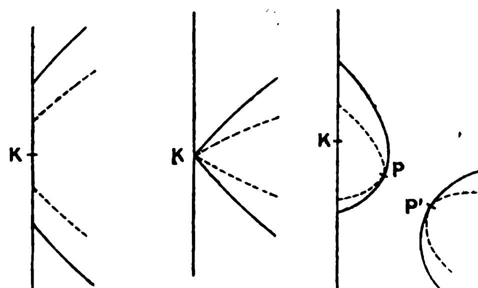


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

se servir d'approximations et qui vérifie les conditions connues de validité de l'équation (1)? — 2. La réponse à cette question est donnée par la représentation graphique (fig. 5), aux champs différents 1, 2, 3... correspondant aux 8 cas de la figure 1. En effet, on trouve que les deux grandeurs y et z, déterminées par les équations $a_{12} = a_1 y$, $b_{12} = b_1 z$, décident exclusivement quel cas se présentera. Ainsi la figure 5 indique, par rapport à un système de coordonnées (y,z), au moyen de chiffres égaux à ceux de la figure 1, où se trouvent les points correspondant aux systèmes de valeurs y,z appartenant à un quelconque des huit cas théoriques. Ainsi le champ 1 indique les systèmes de valeurs y, z pour lesquels le point de plissement va naître si la température s'accroît, en se mouvant à partir de K vers le côté des grands volumes, tandis que la condensation rétrograde éventuelle sera de la seconde espèce (c'est-à-dire accompagnée de vaporisation temporaire) et que la phase temporaire de vapeur présentera une teneur plus petite de la substance prédominante que la phase plus dense restante, etc. — 3. Comme on le voit, un des huit cas théoriquement possibles fait défaut, le cas 8; au contraire, les sept autres cas se présentent tous. — 4. Le point O' $(y = z = 1)$ est un point remarquable du diagramme, où six des sept champs se rencontrent. Ce point correspond au cas très particulier où les molécules des deux substances se comportent de la même manière, non seulement quant au volume, mais aussi quant à l'attraction. Dans le cas encore plus parti-

[1] Voir van der Waals : Statique des fluides (mélanges), dans le t. I des *Rapports présentés au Congrès international de Physique*, réuni à Paris, 1900, p. 606-609.

culier, où l'on a, en outre, $a_2 = a_1$, et $b_2 = b_1$, l'abaissement de la température au-dessous de T_k ferait naître soudainement un pli s'étendant sur toute la largeur de la surface Ψ. Et même dans le cas de petites déviations des équations $a_2 = a_1$ et $b_2 = b_1$, la première approximation, pour laquelle la connaissance des coordonnées y et z est suffisante partout ailleurs, nous laisse dans l'ignorance sur la nature du cas en question à la proximité du point $y = z = 1$. — 5. Remarquons en passant que les diverses parties de la représentation graphique n'admettent pas le même degré d'importance. Ainsi tout ce qui se trouve à gauche de l'axe $y = 0$ se rapporte à des valeurs négatives de a_{12}, c'est-à-dire au cas où les molécules des deux substances se repoussent, cas très improbable. De même, les points au-dessous de l'axe $z = 0$ n'ont probablement qu'une signification mathématique. Même, si l'équation $2b_{12} = b_1 + b_2$ est de rigueur pour des valeurs très inégales de b, on a encore $2z > 1$, de manière que la partie du diagramme au-dessous de la droite $z = \frac{1}{2}$ perd sa signification physique. — 6. Parmi les courbes limitantes des sept champs, nous remarquons, en premier lieu, la parabole includant les trois champs 5, 6, 7. Elle touche l'axe z au point $(0, \frac{1}{2})$ et correspond à l'équation :

$$(2z - 3y + 1)^2 = 8(z - y),$$

ou, par rapport à des axes parallèles menés par le point remarquable (1,1),

$$(2z' - 3y')^2 = 8(z' - y'). \quad (4)$$

Ainsi l'on a $(2z' - 3y')^2 < 8(z' - y')$ dans les champs 5, 6, 7. Donc, il dépend de la position à l'intérieur ou à l'extérieur de la parabole, que le point de plissement se forme après une décroissance ou un accroissement de T et que les courbes connodale et spinodale tournent leur concavité ou leur convexité vers le bord $y = 0$ (fig. 3 et 4). Pour les points situés *sur* la parabole, le point de plissement représente un point de plissement homogène double dont la projection sur le plan v,x a la forme de la figure 3. La transition à ce cas remarquable peut être déduite de la figure 4, représentant la même projection pour une température $T_h - \delta$ et pour un point (y,z) situé dans le champ 6 à la proximité du champ 2. Tout près du point de plissement P, on remarque un autre point P′, qui se réunit avec P si δ augmente. Si ce point du champ 6 s'approche de plus en plus de la frontière du champ 2, la fusion des deux points P, P′ se fait toujours plus près du point K du bord; dans le cas limite, cette fusion se fait en K même. Au delà de la frontière dans le champ 2, le pli P ne se forme plus et le point P′ se substitue au point P. — 7. Une seconde courbe limitante de la représentation graphique est la droite :

$$2z - 3y + 1 = 0 \quad \text{ou} \quad 2z' - 3y' = 0. \quad (5)$$

Elle sépare des autres les champs 3, 4, 7 pour lesquels on a $2z' < 3y'$. Comme on le remarque, la nature de la condensation rétrograde dépend du sens de l'inclinaison de la tangente en P. Toutefois, il faut y ajouter à présent que les conséquences du même sens de l'inclinaison dans les champs 1, 2, 3, 4 sont diamétralement opposées aux conséquences de l'inclinaison dans les champs 5, 6, 7. Ainsi la condensation rétrograde de première espèce (avec formation d'une phase plus dense temporaire) se présente dans les champs 5, 6 à plus grande teneur et dans les champs 3, 4 à plus petite teneur en substance prédominante de la phase temporaire, et, au contraire, la condensation rétrograde de seconde espèce se présente dans les champs 1, 2 à plus petite et dans le champ 7 à plus grande teneur de cette substance de la phase temporaire moins dense. — 8. La troisième courbe limitante, c'est la cubique :

$$(2z' - 3y')^3 - 4(4z' - 3y')(2z' - 3y') + 16z' = 0. \quad (6)$$

Elle se compose de deux branches, une serpentine et une ovale, admettant, d'un côté, la même asymptote $2z' - 3y' = 2$ et s'éloignant, de l'autre, paraboliquement vers l'infini. L'ovale, en forme de parabole, touche la droite $z' = 0$ au point remarquable $y' = z' = 0$. Entre les deux branches (dans les champs 2, 4, 6), le premier membre de l'équation 6 est négatif; alors la tangente KP à la courbe de plissement du diagramme (v,x) est inclinée vers le côté des grands volumes. La question de savoir si un abaissement de T fait mouvoir le point de plissement vers les grands volumes ou dans le sens contraire, se décide ici toujours par la parabole. Ce mouvement est dirigé vers les grands volumes dans les champs 2, 4, 5, 7 et en sens contraire dans les autres. — Cette partie descriptive se termine par l'énumération de quelques formules, en rapport avec des recherches de MM. Keesom et Verschaffelt. — II. Partie démonstrative. Pour cette partie, qui contient la démonstration des résultats communiqués, nous renvoyons à l'article original; elle se subdivise en : 1. Déformation de la surface Ψ et développements en série préparatoires; 2. Détermination analytique d'un point de plissement et classification des différents cas possibles; 3. La courbe spinodale; 4. Les deux premières relations connodales. Equation de la courbe connodale; 5. La troisième relation connodale; 6. Deuxième approximation de la première relation connodale; 7. Réduction continuée de la troisième relation connodale. Déduction d'une équation; 8. Nouvelle détermination du point de plissement.

(*A suivre.*) P.-H. Schoute.

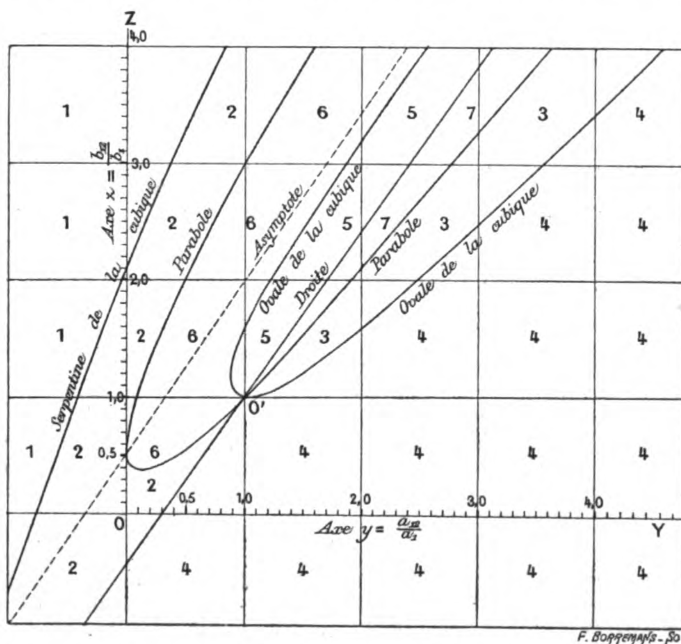


Fig. 5. — *Représentation graphique des points de plissement et des plis correspondants à proximité du bord de la surface ψ de van der Waals.*

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 7 15 AVRIL 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Prix Osiris. — L'Institut de France, appelé à décerner pour la première fois le prix Osiris, de la valeur de cent mille francs, l'a, dans sa séance du 1er avril dernier, attribué au Dr Emile Roux, sous-directeur de l'Institut Pasteur, dont les travaux ont, comme ceux de son illustre Maître, tout ensemble agrandi la Science et servi l'Humanité.

Nous croyons savoir que l'éminent savant, qui reporte modestement sur l'Institut Pasteur l'honneur qui lui est fait, se propose de verser à cet établissement le montant du prix. Personne ne sera surpris de voir M. Roux se montrer ainsi fidèle à tout son passé.

Un monument à L. Pasteur à Marnes-la-Coquette. — Nous apprenons que, grâce à l'heureuse initiative de son maire, M. L. Duparquet, la commune de Marnes-la-Coquette (Seine-et-Oise) se propose d'ériger sous peu sur son territoire un monument à la mémoire de Pasteur.

Ce monument est dû au tout jeune et déjà distingué sculpteur Fernand Chailloux, élève de l'Ecole des Beaux-Arts, qui, il y a quelques années à peine, n'était que petit employé chez un négociant de Ville-d'Avray.

Sur une haute stèle, œuvre de l'architecte Louis Jaumin fils, de Ville-d'Avray, est placé le buste du Maître. Ce buste, en marbre blanc, a été jugé par la famille de Pasteur d'une ressemblance et d'une exécution parfaites. En haut-relief, appuyé contre la stèle, un berger, mordu au poignet par son fidèle compagnon devenu enragé, vient implorer les secours du savant. Le malheureux lutte et se raidit contre la mort malgré la souffrance qui alourdit sa tête et la fait pencher sur son épaule. Il adresse un regard suppliant à celui qui seul peut le sauver. Au-dessous, la pauvre bête, cause involontaire de tant de souffrances, gît, morte déjà, aux pieds de sa chère et innocente victime.

Ce groupement, qui constitue un ensemble à la fois harmonieux et imposant, fait le plus grand honneur à l'artiste.

Grâce à la bienveillante intervention de M. Roujon, directeur des Beaux-Arts, le monument sera édifié sur un terrain concédé à la commune de Marnes et qui fait partie du domaine de Villeneuve-l'Etang où Pasteur accomplit ses derniers travaux et mourut.

Nos lecteurs, nous en sommes persuadé, tiendront à adresser leur offrande au Comité formé pour aider la commune à mener à bien cette patriotique entreprise. Les souscriptions sont reçues soit par M. Lefèvre, secrétaire du Comité, 44, rue Jean-Goujon, Paris; soit par M. le maire de Marnes.

§ 2. — Mathématiques

La théorie des fonctions harmoniques. — Un récent Mémoire de M. Zaremba a fourni à M. H. Poincaré l'occasion de tracer un tableau des progrès importants accomplis, pendant ces dernières années, dans la théorie du problème de Dirichlet et des autres questions générales relatives aux fonctions harmoniques.

Le point de départ des nouvelles recherches fut le perfectionnement de la célèbre méthode de Neumann. On sait que, sous sa forme primitive, celle-ci suppose la surface convexe. M. H. Poincaré se proposa tout d'abord[1] de lever cette restriction, de montrer que les séries de Neumann convergent en toute hypothèse. Mais, grâce à d'autres résultats obtenus antérieurement sur la théorie des plaques vibrantes, il fut amené à élargir la question dans deux directions différentes :

En premier lieu, il constata que les calculs de Neumann s'appliquent en réalité à un problème plus général que celui de Dirichlet et dans l'énoncé duquel figurait un paramètre λ. Comme dans le problème des plaques vibrantes, la solution est une fonction méromorphe de λ, et tout revient, au fond, à établir que le premier pôle a une affixe plus grande que 1.

D'autre part, l'analogie avec les problèmes des plaques vibrantes se manifestait encore dans un autre sens et faisait prévoir, sans la démontrer encore rigoureusement, l'existence d'une série finie de *fonctions fondamentales*, lesquelles, dans le cas de la sphère, donnaient

[1] *Acta mathematica*, t. XX.

les fonctions de Laplace et, dans le cas de l'ellipsoïde, celles de Lamé.

Le Mémoire de M. H. Poincaré élucidait une question importante, celle de la convergence des développements de Neumann pour les surfaces concaves. Mais il en posait une série d'autres.

Tout d'abord, le raisonnement supposait le principe de Dirichlet démontré par une autre voie. Il y avait là presque un cercle vicieux, puisque l'algorithme de Neumann avait été donné jusque-là, non seulement comme un moyen de calculer la solution, mais, avant tout, comme une preuve de son existence. Il importait donc d'amener la méthode à se suffire à elle-même.

Il convenait également, d'autre part, de la débarrasser d'une certaine transformation T, grâce à laquelle on établissait certaines propositions auxiliaires en ramenant le cas d'une surface quelconque à celui de la sphère. Outre que de telles transformations ont forcément un caractère parasite, artificiel, qu'elles n'apparaissent pas comme imposées par la nature des choses, celle dont il est question avait l'inconvénient de limiter, dans une certaine mesure, la généralité; on n'avait plus à supposer le domaine donné convexe, mais encore fallait-il admettre qu'il était simplement convexe.

Enfin, il y avait lieu, bien entendu, d'établir sur des bases rigoureuses la théorie des fonctions fondamentales.

C'est à ce triple desideratum que répondent les travaux qui ont suivi celui de M. H. Poincaré.

M. Le Roy (1898) s'adressa d'abord aux fonctions fondamentales. Il parvint à démontrer en toute rigueur l'existence de fonctions de cette espèce, très importantes au point de vue de la Physique mathématique en général, mais qui n'étaient qu'analogues — et non identiques — à celles de M. H. Poincaré, en sorte qu'elles n'étaient pas directement applicables au problème de Dirichlet.

En 1899, M. Korn et, presque en même temps (1900), M. Stekloff (lequel avait également formé des fonctions fondamentales) parvinrent à démontrer la légitimité de la méthode de Neumann *sans supposer le problème de Dirichlet préalablement démontré*. De plus, M. Stekloff arrivait à affranchir une partie de la démonstration de la considération de la transformation T.

Seulement, MM. Stekloff et Korn supposaient, en ce moment-là, les valeurs données aux limites non seulement continues, mais dérivables. En 1901, M. Korn parvint à lever cette dernière restriction et à ne supposer que la continuité de Φ, cette continuité pouvant même être interrompue suivant certaines lignes isolées.

Mais c'est M. Zaremba qui, le premier, a pu éliminer complètement la transformation T et démontrer rigoureusement l'existence des fonctions fondamentales. La méthode suivie par M. Zaremba repose sur la substitution, à l'équation de Laplace, de l'équation plus générale $\Delta u - \mu^2 u = 0$. Il est remarquable que l'introduction de cette équation, en apparence plus compliquée, permette de *simplifier* quelques-uns des raisonnements les plus délicats, et que, cependant, les conclusions finales obtenues donnent comme cas particuliers celles qui regardent l'équation de Laplace.

La légitimité de la méthode de Neumann et l'existence des fondamentales sont donc établies par une méthode entièrement rigoureuse et entièrement directe.

Si l'on ajoute que, grâce aux travaux de quelques-uns des savants qui viennent d'être cités, la possibilité des développements en séries procédant suivant les fonctions fondamentales est également prouvée, on pourra juger de l'importance des résultats obtenus. Par eux, cette théorie, si utile et, à certains égards, si mystérieuse, des fonctions harmoniques a été amenée à un haut degré de perfection. Elle a, au moins dans ses premiers principes, atteint une forme vraisemblablement définitive, qui n'aura, sans doute, plus à subir que des modifications de détail.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Intercommunication des trains par le système électrique Basanta et Coutant. — Le dimanche 16 février a été expérimenté sur le réseau des chemins de fer de l'Etat, entre Château-Lavallière et Château-du-Loir, un système d'intercommunication des trains, imaginé par MM. Basanta et Coutant, et destiné à prévenir la répétition trop fréquente des tamponnements des trains de chemins de fer.

Le *principe* consiste à diviser l'étendue de chaque voie en sections d'une longueur déterminée, de manière que le service comporte normalement la présence d'un seul train au plus sur chaque section. Dès que deux trains se suivent à distance plus faible que la longueur de chaque section, il ne tarde pas à se produire un moment où les deux trains seront sur la même section, et le système devra automatiquement en avertir les conducteurs des deux trains et, éventuellement, la gare la plus proche. Le signal ainsi donné au mécanicien lui permettra de ralentir et d'éviter des tamponnements.

Pour la réalisation de ce principe, les inventeurs ont fait appel au courant électrique, par l'adjonction aux trains de quelques appareils simples et d'usage courant, sonneries, magnétos, téléphone, employés de la manière suivante :

Chaque train comporte un fourgon muni d'une sonnerie électrique et d'une machine magnéto-électrique, montée sur l'essieu et en circuit avec la sonnerie : le circuit local ainsi constitué sur chaque train devant se fermer pour actionner la sonnerie quand deux trains pénètrent sur une même section, il est nécessaire qu'une ligne conductrice relie ces deux trains. Cette ligne est constituée : d'une part, par les rails de roulement de la voie, en communication constante, par l'intermédiaire des roues et des essieux, avec un des pôles du circuit local; d'autre part, par un fil d'acier tendu sur isolateurs au voisinage de la voie, conducteur mis en communication avec l'autre pôle du circuit local par l'intermédiaire de frotteurs établis sur le même principe, mais beaucoup plus légèrement que les frotteurs de troisième rail des installations de traction.

On voit par là que la présence des frotteurs des deux fourgons ainsi équipés sur une même section du conducteur isolé, ferme complètement le circuit contenant en série les deux sonneries et les deux machines magnétos, de sorte qu'un courant composé, résultant du fonctionnement des deux magnétos en série, actionne les sonneries d'appel dans les deux fourgons.

Un téléphone peut aisément se substituer à la sonnerie de chaque fourgon, de sorte qu'on est en communication téléphonique entre les deux trains, communication que les récepteurs téléphoniques actuels ne permettent d'utiliser qu'au repos; en marche, ces récepteurs subissent la perturbation des bruits de « friture » qui résultent du frottement des frotteurs sur leur fil d'acier et des trépidations des machines en mouvement.

A l'arrêt, la communication téléphonique est parfaite. La gare peut alors recevoir, des conducteurs des trains, les mêmes avertissements, si on la munit d'un semblable dispositif pour chaque direction.

Les accidents récents donnent encore plus de relief à cette question d'actualité, que croiront sans doute difficilement résolue les ingénieurs des chemins de fer, habitués déjà à voir échouer souvent dans la pratique des systèmes de protection qui, théoriquement, laissent bien peu à désirer. L'avenir seul pourra donc dire si ce système nouveau résout entièrement les difficultés nombreuses qui se présentent en pratique.

§ 4. — Physique

Analogue électrique du diamagnétisme. — On sait que l'induction magnétique et l'induction électrostatique dans les corps diélectriques présentent

une parfaite analogie. On connaît également les expériences qui démontrent :

1° L'attraction magnétique, de la part d'un aimant, des corps à inductibilité magnétique plus grande que celle du milieu ;

2° La répulsion des corps dont l'inductibilité magnétique est inférieure à celle du milieu ;

3° L'attraction, de la part d'un corps électrisé, des corps à constante diélectrique plus grande que celle du milieu.

Dans une note récemment parue dans le *Nuovo Cimento*[1], M. L. Puccianti fait remarquer que l'on n'insiste pas assez, dans les traités élémentaires de Physique, sur ce dernier phénomène, lequel représenterait l'analogue électrique de l'action des aimants sur les corps paramagnétiques. Cette expérience ne présente, d'ailleurs, aucune difficulté, si ce n'est qu'il faut se servir d'un corps bien isolant.

Mais, pour compléter cette analogie entre les phénomènes électriques et magnétiques, il faut faire voir, par une quatrième expérience, qu'un diélectrique doué d'une constante diélectrique inférieure à celle du milieu ambiant se comporte, dans un champ électrique, d'une manière analogue aux corps diamagnétiques (ou corps à inductibilité plus petite que le milieu) placés dans un champ magnétique.

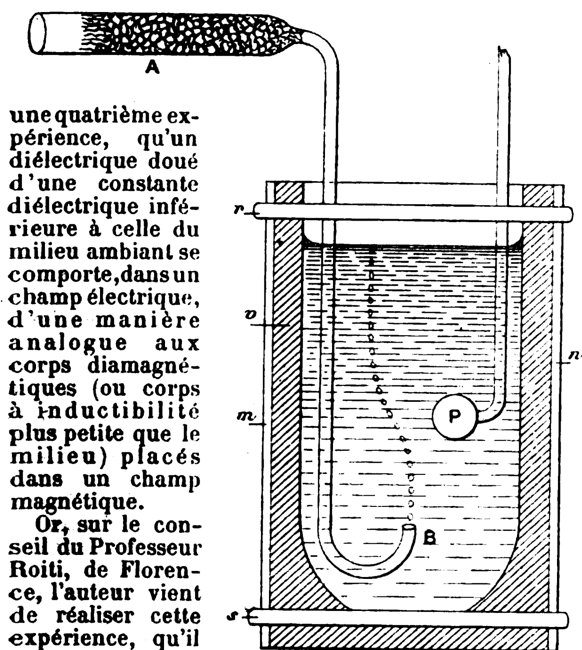


Fig. 1. — *Dispositif de M. Puccianti.* — *v*, vase en laiton ; *m*, *n*, plaques de verre ; *r*, *s*, ressorts ; AB, tube de verre servant à produire un courant de bulles d'air ; P, sphère métallique.

Or, sur le conseil du Professeur Roiti, de Florence, l'auteur vient de réaliser cette expérience, qu'il a tâché d'arranger d'une manière aussi simple que possible, pour qu'elle puisse, en raison de sa valeur éminemment didactique, être exécutée même dans les cours élémentaires. Comme, cependant, cette expérience n'est point d'un succès aussi facile que les autres, en raison des transports de charges par convection et par conduction qui ont lieu dans le cas des solides plongés dans un liquide, l'auteur utilise les bulles d'air formées au sein de l'huile de vaseline, l'un des meilleurs isolants parmi tous les liquides.

Voici l'appareil dont s'est servi M. Puccianti (fig. 1) : Deux plaques de verre *m* et *n*, soutenues par deux ressorts *r* et *s*, sont appliquées à un vase de laiton en U, rempli d'huile de vaseline. On y plonge une petite sphère métallique P attachée à un fil gros, recouvert de mastic et bien isolé, ainsi que le tube de verre AB servant à produire les bulles d'air.

La partie non capillaire de ce tube est remplie de coton, afin de rendre les bulles plus petites et de les faire se succéder à des intervalles plus réguliers. L'air y est amené, soit au moyen d'un soufflet, soit, ce qui est préférable, à l'aide d'un récipient où il a été préalablement comprimé.

Quand on a soin de bien régler le jet, de manière que les bulles se succèdent rapidement, en une espèce de chaîne ininterrompue, celle-ci arrive à la surface en ligne droite, tant que la sphère P n'est point chargée. Lorsque, au contraire, cette dernière est portée, au moyen d'une machine électrique, à un potentiel correspondant à des étincelles de 2 à 3 millimètres, soit positif, soit négatif, cette succession de bulles subit une inflexion, de manière à s'éloigner de la sphère, prenant la forme indiquée par la figure 1. Aussitôt que la sphère est déchargée, les phénomènes reprennent leur aspect primitif.

Cette expérience peut être rendue visible à un grand nombre de personnes à la fois, en projetant sur un écran, au moyen d'une lampe électrique et d'une lentille, une image convenablement agrandie de l'appareil.

Sur l'effet Edison. — On sait que l'*effet Edison* consiste en un flux d'électricité qui, de l'extrémité négative du filament d'une lampe à incandescence ordinaire, passe vers une plaque métallique placée à l'intérieur de cette dernière. Les nombreux travaux dont ce phénomène a fait l'objet ont, jusqu'à ce jour, été incapables d'en établir la vraie nature. Aussi M. Allegretti, dans un mémoire récemment paru dans la *Physikalische Zeitschrift*[1], reprend cet intéressant problème ; voici les principaux résultats des expériences de ce savant :

L'intensité du courant qui passe entre le filament et la plaque diminue pour des valeurs croissantes de leur distance ; cette diminution. est, en général, plus rapide que ne le comporterait la loi de proportionnalité Pour une distance donnée, l'intensité est maxima pour la pression la plus faible ; elle augmente, d'autre part, mais pas en raison directe, pour des valeurs croissantes de la surface de la plaque. Le phénomène Edison n'affecte point une couche sensible recouverte de papier noir, interposée entre le filament et la plaque. Le courant caractéristique de ce phénomène est dévié, par un champ magnétique, de la même manière que le sont les rayons cathodiques, c'est-à-dire que son intensité diminue, pour des champs soit positifs soit négatifs.

Voici comment l'auteur interprète l'ensemble de ces faits : Pour des pressions considérables, l'effet Edison est essentiellement dû à la conductibilité que le gaz acquiert grâce à la température élevée, tandis que, à mesure que décroît la pression, c'est quelque phénomène de radiation qui joue un rôle de plus en plus prépondérant. Quant à la conductibilité dont il vient d'être question, l'auteur n'est pas en mesure de décider si elle est d'une nature électrolytique ; ses expériences paraissent plutôt contraires à une telle assertion. Ce qui est certain, c'est que cette conductibilité ne suffit point, à elle seule, à rendre compte du flux d'électricité entre la plaque et le filament. D'autre part, l'existence d'un phénomène de radiation est démontrée par la manière dont les champs magnétiques affectent ces courants et qui suggère l'hypothèse qu'il s'agirait d'un rayonnement de même nature que les rayons cathodiques, mais d'un pouvoir de pénétration très faible.

§ 5. — Électricité industrielle

La lampe électrique à l'osmium. — Les travaux du Dr Auer sur la lampe électrique à l'osmium datent de plus d'un an, mais n'ont reçu leur consécration pratique que depuis quelques mois, aussi bien en Allemagne, où le brevet Auer a été vendu à la Société exploitante pour le prix de 825.000 francs, qu'en France

[1] *Nuovo Cimento*, numéro de décembre 1902.

[1] *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 9, 1903.

et dans le reste de l'Europe, où la lampe est en ce moment l'objet d'une très vive attention.

Elle offre l'avantage d'une économie de courant très notable, au moins sur les lampes à incandescence de modèle courant, car elle consomme par bougie seulement 1 watt 50, au lieu de 3 watts à 3 1/2 watts. Cet avantage est dominant dans les villes comme Paris, où l'énergie électrique se vend très cher : c'est ce qui fait que la lampe peut offrir de l'intérêt malgré la nature délicate et le prix élevé du filament qui la compose. C'est, en effet, son premier inconvénient d'être constituée d'une substance rare et d'exiger une fabrication coûteuse et encore incomplètement satisfaisante. La lampe coûte de 6 francs à 6 fr. 25; elle peut être reprise, lorsqu'elle est usée, pour environ 0 fr. 95.

Un second inconvénient provient de ce qu'elle se construit seulement pour des tensions peu élevées, ne dépassant pas 55 volts pour le moment, alors que les réseaux industriels ont une tension de 110 volts au moins, qu'on tend encore à élever pour réduire les pertes dans les canalisations.

Enfin, la lampe Auer ne peut pas se fixer dans toutes les positions possibles, mais doit être montée verticalement.

Nous donnons ci-dessous les résultats de quatre séries d'essais de consommation, très soigneusement effectués par M. Remané, ingénieur en chef de la *Compagnie allemande d'incandescence*, et publiés par le *Journal für Gasbeleuchtung*:

ESSAIS des lampes à osmium	VOLTAGE	POUVOIR éclairant	ÉNERGIE consommée par bougie
	volts	bougies	watts
1er essai :			
Au début	39	33,0	1,54
Après 500 heures . .	39	32,4	1,49
Après 1.000 heures .	39	31,7	1,50
2e essai :			
Au début	55	34,7	1,54
Après 500 heures . .	55	31,8	1,53
Après 1.000 heures .	55	31,6	1,58
3e essai :			
Au début	38	32,8	1,51
Après 500 heures . .	38	32,7	1,44
4e essai :			
Au début	53	34,2	1,53
Après 600 heures . .	53	36,4	1,43
Moyenne	»	»	1,50

A propos du redresseur de courant Cooper Hewitt. — *L'Industrie Electrique* signale la communication suivante qui vient de lui être faite par un de ses lecteurs, au sujet du redresseur Cooper Hewitt, décrit dans un de nos précédents numéros.

Nous tenons à la reproduire textuellement, avec les commentaires dont l'accompagne M. Hospitalier :

Extrait du Traité de Physique de Ganot (19e édit., 1884, p. 1028) : « Enfin, MM. Jamin et Maneuvrier ont trouvé une solution très approchée du problème, à la fois théorique et industriel, de la transformation, *sans commutateur*, des courants alternatifs en courants continus. Ce procédé consiste essentiellement à interposer, dans le circuit extérieur de la machine à lumière, un arc voltaïque *dissymétrique*, c'est-à-dire formé entre deux électrodes hétérogènes, telles que le charbon et le mercure ».

Observations de M. Hospitalier : « Il y longtemps que le fait lui-même a été signalé, même avant les expériences de MM. Jamin et Maneuvrier, mais personne jusqu'ici, à notre connaissance, ne l'avait appliqué *industriellement*, ou même n'avait tenté de le faire. Nous connaissons trop la distance qui sépare une idée de sa réalisation pratique pour ne pas rendre un hommage mérité à ceux qui, partant d'un simple fait expérimental, en tirent un appareil utilisable et des applications nouvelles, ce que n'ont fait ni M. Jamin ni M. Maneuvrier, et ce qu'ils ne pouvaient pas faire, à défaut de *graphes* (appareils enregistreurs d'ondulations rapides, ondographes, oscillographes, etc...) appropriés à la détermination rapide de la forme des courants traversant leur *soupape à arc voltaïque* ».

Nouvelle installation à 50.000 volts (au Canada). — On vient d'inaugurer au Canada une nouvelle ligne de transmission d'énergie à 50.000 volts; elle est destinée à transporter à Montréal une partie de l'énergie électrique des chutes de Shawinigan. Etant donné que cette tension est parmi les plus élevées qui soient considérées comme actuellement possibles, et qu'aucune ligne analogue n'a encore été soumise aux conditions climatériques du Canada, il sera intéressant d'en suivre l'exploitation et d'en noter les résultats.

Cette ligne, d'une longueur d'environ 135 kilomètres, est établie sur isolateurs du type Thomas, constitués par plusieurs pièces de porcelaine emboîtées et assemblées par l'émail de manière à former un isolateur à triple cloche.

Un autre caractère intéressant de cette ligne est qu'elle est constituée par des câbles d'aluminium.

La tension est de 50.000 volts; la fréquence, de 30 périodes par seconde; la puissance actuellement produite à l'usine est de 5.500 chevaux, et l'on compte en utiliser ultérieurement le double.

La fréquence de 30 périodes a été choisie en considération des machines mêmes de l'usine et des transformateurs; mais, le réseau d'éclairage de Montréal étant à courant alternatif à 60 périodes, il a fallu faire usage d'appareils pour changer la fréquence et l'élever de 30 à 60 périodes. On sait que ces appareils, dont l'emploi est, d'ailleurs, assez rare, sont constitués par des moteurs asynchrones à « *stator* » et « *rotor* », munis d'enroulements distribués, et dont l'induit est entraîné mécaniquement en sens invers du sens de rotation comme moteur.

§ 6. — Chimie biologique

Nouvelle méthode de mesure de l'action de la pepsine. — L'action d'une pepsine est mesurée d'ordinaire par la quantité d'albumine solide dissoute pendant un temps donné. Tel est, par exemple, le principe de la méthode, bien connue, de Mett. En remplaçant l'albumine solide par des dissolutions, on peut appliquer les méthodes polarimétrique ou spectrophotométrique; mais, comme il est indispensable d'éliminer d'abord les produits primitifs, il est difficile d'étudier le phénomène d'une façon continue. Le procédé suivant, qui est une intéressante application des méthodes physiques, permet, au contraire, de suivre pas à pas la transformation de l'albumine. Il a été étudié par M. E. I. Spriggs[1], à l'instigatition du Professeur Kossel, de Heidelberg.

Il consiste à suivre, à l'aide du viscosimètre d'Ostwald, les variations de viscosité de la solution d'albumine coagulable, additionnée de pepsine. Cette viscosité diminue pendant la digestion, et cette variation est d'abord très rapide, puis plus lente, et enfin insensible. L'acide chlorhydrique agit dans le même sens, mais beaucoup plus lentement. Lorsque la variation de viscosité est devenue insensible, on constate que la majeure partie de l'albumine coagulable est transformée en albumine non coagulable. On entend par là l'albumine coagulable ou non, lorsqu'on neutralise le liquide, qu'on l'acidifie ensuite légèrement par l'acide acétique, et qu'on fait bouillir. Des échantillons de la même solution d'albumine, traités par des quantités différentes de pepsine, et examinés au moment où ils présentent une égale viscosité, renferment tous le même taux d'albumine coagulable et non coagulable. Cette méthode fournit donc un moyen de déterminer le moment où une série de digestions sont arrivées au même stade chimique. La diminution de viscosité peut être traduite

[1] E. I. Spriggs : *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, t. XXXV, p. 465-494.

par des courbes permettant de calculer les relations qui existent entre la quantité de pepsine employée et la vitesse de la digestion.

Il est possible que cette méthode soit applicable à l'étude d'autres diastases, où elle remplacerait avec avantage des dosages souvent fastidieux.

§ 7. — Zoologie

Les migrations du Homard[1]. — Les migrations saisonnières du Homard paraissent être bien moindres que celles du Tourteau (voir *Revue générale des Sciences*, chronique, numéro du 30 novembre 1900); en hiver, les Homards se rencontrent dans des eaux un peu plus profondes qu'en été, mais ils reviennent à la côte à partir de février, et, depuis ce mois jusqu'en août, on les pêche près du rivage, par 7 à 33 mètres de profondeur (côte est d'Angleterre, Northumberland).

Une centaine de Homards capturés d'avril à juin ont été munis d'une étiquette et rejetés à la mer; treize ont été retrouvés, après un temps variable, de 800 à 1.600 mètres des points d'immersion, et à une profondeur maxima de 16 mètres; les plus éloignés, au nombre de deux, avaient franchi 3 kilomètres environ en l'espace d'un mois, mais toujours en suivant la côte.

Ces résultats prouvent que les Homards adultes sont peu voyageurs; les pêcheurs peuvent donc être assurés que les femelles portant des œufs, qui sont rejetées à la mer, resteront bien dans leur district de pêche, et qu'ils n'ont rien à craindre de cette mesure protectrice.

Pigeons voyageurs allemands. — La marine de guerre et la marine marchande s'occupent activement, en Allemagne, de l'emploi sur mer des pigeons voyageurs. Nous avons tenu nos lecteurs au courant des efforts faits en France pour organiser *la poste en mer* (*Revue* du 15 octobre 1902), en particulier par la Compagnie Générale Transatlantique. A son tour, la Compagnie de navigation allemande qui dessert la ligne Hambourg-New-York organise sur ses paquebots, avec l'aide de la Société colombophile de Hambourg, un service de dépêches par pigeons.

En cas de guerre, plus de 500 sociétés colombophiles allemandes mettraient à la disposition du Ministre de la Guerre environ 100.000 pigeons voyageurs.

§ 8. — Sciences médicales

La Tuberculose, maladie sociale. — Les Conférences fondées sous le patronage de la *Société des Amis de l'Université de Paris* ne sont pas seulement des fêtes offertes au dilettantisme littéraire et scientifique; elles ont aussi un profond caractère d'utilité publique, nationale et humaine. Rien ne le montre mieux que la magistrale conférence faite le jeudi 4 mars par M. le Professeur Landouzy sur ce sujet d'une actualité poignante : *La Tuberculose, maladie sociale*.

Devant un nombreux et brillant auditoire, où nous avons remarqué MM. Casimir-Périer, Gréard, Debove, Lannelongue, etc., M. Landouzy a représenté le péril croissant, indiqué les causes profondes et occasionnelles, toujours agissantes et toujours proches, l'incessante menace, mais aussi les remèdes préventifs et la curabilité de la tuberculose, cette peste des temps modernes qui fait plus de victimes que tous les anciens fléaux : peste, famine et choléra; plus redoutable aux jeunes soldats que la guerre même, et dont l'action malfaisante a fait, depuis juillet dernier, perdre cent mille hommes à la France, c'est-à-dire amené autant de deuils en huit mois que la guerre de Crimée en deux ans.

Cette maladie, si funeste à l'individu, à la race qu'elle fait dégénérer, aux peuples dont elle diminue le nombre et la vitalité, n'est pas héréditaire comme on l'a cru longtemps. Elle est du genre de celles qu'on nomme contagieuses. La phtisie vient toujours d'un phtisique, comme la variole d'un varioleux. C'est un médecin français, Villemin, qui, il y a trente ans, en a le premier établi les preuves scientifiques et montré la transmissibilité de la tuberculose par inoculation, comme aussi c'était un Français, Laënnec, qui, par l'auscultation, avait donné le moyen de reconnaître la tuberculose dans le poumon.

Pourtant, dès le XVI[e] siècle, pendant le XVII[e] et le XVIII[e], dans certaines contrées du Midi, en Provence, dans la Romagne, on croyait à la contagion de la phtisie. A Naples, un édit royal enjoignit, sous menace d'expulsion, aux médecins et gardes-malades de déclarer les phtisiques et de prendre les mesures de désinfection nécessaires. Chateaubriand, lors de sa démission de l'ambassade de Rome, ne trouvait pas à revendre ses équipages où était montée quelquefois M[me] de Beaumont, malade de la poitrine, et, lorsque George Sand dut quitter Majorque avec Chopin mourant, elle subit les exigences des hôteliers qui réclamaient le prix du recrépissage de leur auberge, contaminée par la présence du grand musicien phtisique.

Que de millions auraient pu être économisés, combien d'existences humaines épargnées, si l'on avait soupçonné et redouté la contagion de la tuberculose dans le reste de l'Europe comme à Rome et à Majorque!

Car la tuberculose est une maladie curable et évitable. Curable, son traitement est affaire médicale; évitable, sa prophylaxie est affaire sociale.

C'est aux médecins, envoyés en grand'garde, qu'il appartient de dépister la tuberculose dès son début, de répandre l'hygiène dans les collectivités: au magasin, à l'atelier, à l'usine, et d'assister les tuberculeux.

Dans ce but a été fondé tout un *armement* antituberculeux. Des dispensaires comme à Paris et à Lille, comme il s'en ouvre un actuellement dans le XVII[e] arrondissement, comme il y en aurait déjà un dans le XX[e], grâce aux fonds légués par deux femmes généreuses, si l'on n'avait pas à compter avec les lenteurs administratives, sont le premier moyen de lutter contre la tuberculose. Mais les dispensaires doivent être *doublés* par les *sanatoria*, organes de cure pour certaines catégories de poitrinaires qu'il appartient au médecin de déterminer. Utiles surtout aux misérables, qu'ils enlèvent à leur milieu pour leur donner de l'air, du repos, une bonne alimentation, ces sanatoria populaires ont déjà, comme à Hauteville, dans la région lyonnaise, rendu la santé à 20 °/° des tuberculeux qu'on y a envoyés.

Si les riches peuvent se créer un véritable *home sanatorium*, il fallait aussi songer au petit bourgeois, à l'ouvrier, et lui permettre de se guérir comme son patron. Dans ce but, l'Œuvre des sanatoria français a créé le sanatorium du *Mont des Oiseaux*, organe antituberculeux perfectionné. Ce sanatorium économise la vie des hommes et augmente le rendement de leur travail.

C'est un bénéfice social si bien compris par les caisses d'assurance allemandes que, depuis 1899, elles ont, en installant des *sanatoria*, réalisé un bénéfice de plus d'un million de marks.

Si l'Allemagne a précédé la France dans l'installation des sanatoria, la France lui avait indiqué la voie à suivre par la création de ses hôpitaux marins : que de miracles a fait l'assistance marine pour les scrofuleux, à Berck, à Saint-Dol, à Arcachon, à Gien, à Banyuls, à Hendaye! Que de succès on pourra encore obtenir, surtout si, à l'exemple de la *Croix-Rouge* allemande, les *Croix-Rouges* françaises veulent bien ne pas songer seulement aux victimes de la guerre, mais étendre leur assistance aux *blessés de la paix* en aidant à la création des *sanatoria* !

Il faut enfin ouvrir largement aux phtisiques des

[1] Northumberland sea Fisheries Committee. Report on the scientific investigations for the year 1902 (*The migrations of Lobsters*, p. 40).

hospices où ils recevront des soins et ne pourront plus disséminer la contagion.

A la société tout entière incombe le devoir de s'opposer à la tuberculose en la poursuivant dans toutes les causes qui peuvent lui donner naissance, par la puériculture, par les colonies de vacances, qui déjà envoient chaque année plus de 8.000 enfants à la campagne ou à la montagne, enfin par l'éducation à l'école ou à l'armée. Que tous les maîtres, instituteurs, professeurs, officiers soient préparés à donner l'éducation anti-tuberculeuse; qu'ils sachent répéter que la santé et la force doivent être pratiquées et honorées comme des vertus, que ce sont, en effet, des vertus sociales, puisque l'état de santé ou de maladie d'un seul individu a sa répercussion sur la communauté tout entière. A la devise républicaine inscrite au frontispice de nos écoles, que n'ajoute-t-on ces trois mots que l'on commenterait chaque semaine aux générations scolaires: *salubrité, propreté, sobriété*?

Fécondes pour l'avenir seraient ces explications données surtout aux jeunes filles, « car, chaque fois qu'on instruit une femme, disait Jules Simon, c'est une petite école qu'on fonde ». Il faudrait surtout que les jeunes mères fussent bien pénétrées de maximes comme celle-ci : « Là où n'entre pas le soleil, entre le médecin ». L'air et la lumière sont, en effet, les premiers gardiens de la santé.

Les édiles de Londres le savent bien, qui ne taxent pas les plates-bandes, et donneraient plutôt une prime à qui raserait sa maison pour en faire un jardin. *Victoria-Park* n'est-il pas appelé les *poumons de Londres*? Puissent bientôt à Paris nos édiles profiter de l'occasion qui s'offre de planter et de fleurir ce qui fut la zone militaire!

Imitons les Anglais dans la guerre persévérante qu'ils ont faite à la tuberculose en employant trois milliards en dix ans à la destruction de quartiers insalubres et aux désinfections obligatoires. Souvenons-nous qu'à Paris, actuellement, la différence de mortalité causée par la tuberculose est, pour 10.000 têtes, de 50 dans les quartiers pauvres, contre 14 dans celui des Champs-Elysées.

Enfin, c'est pour fuir des logements froids, sombres, mal aérés que l'ouvrier va au cabaret, et l'on sait que l'alcoolisme est le grand pourvoyeur de la tuberculose. C'est celui-ci qui fait le lit de celle-là à l'hôpital, où, sur 100 tuberculeux, on trouve toujours de 70 à 80 alcooliques.

Le Rapport de M. de Lavarenne a constaté que les départements qui consomment le plus d'alcool sont aussi ceux qui fournissent le plus de tuberculeux. Il est incontestable que les alcooliques sont tous des candidats à la tuberculose; aussi la lutte contre l'alcoolisme est un des premiers *engagements* dans la grande campagne antituberculeuse à laquelle tous doivent s'associer et prendre part comme à une œuvre humaine et nationale.

Une loi de santé publique à été votée en France il y a quinze jours; elle est dès à présent exécutoire. L'Etat, le département, la commune ont de grands devoirs à remplir. Il faudra qu'ils fassent dans le budget une part à la tuberculose comme à la peste, comme à la guerre. Mais, longtemps encore, on devra compter sur l'initiative privée, grouper les bonnes volontés individuelles, établir une coopération sanitaire des ligues antialcooliques et antituberculeuses. Et les résultats qui couronneront tant d'efforts coalisés pour le salut commun seront la meilleure récompense, la seule ambitionnée de ceux qui se seront dévoués à cette grande œuvre de solidarité sociale.

Tel est le sommaire des idées que le Professeur Landouzy a largement développées dans son éloquente conférence. L'auditoire a manifesté, par son attention même et par ses applaudissements réitérés, l'impression profonde que lui causait cette parole nette, forte, élevée, vibrante et pourtant simple, où se laissaient seulement apercevoir et sentir les qualités d'esprit et de cœur, toute la science du médecin, toute la générosité de l'homme.

Dr Marcel Labbé.

§ 9. — Géographie et Colonisation

Une Expédition polaire française. — Sous ce titre, la *Revue* du 15 mars 1903 a parlé d'une exploration projetée par le Dr Jean Charcot.

Le Comité scientifique chargé d'aider M. Charcot dans son entreprise vient d'élaborer le programme de ce voyage. Il a été décidé que l'Expédition se rendrait d'abord à Tromsœ, aux îles Loffoden, pour se diriger ensuite vers le Spitzberg, où elle séjournera le temps nécessaire pour recueillir des fossiles destinés aux collections du Muséum. La deuxième étape sera la mer de Barents, le détroit de Matotchkin et la Nouvelle-Zemble, que l'on visitera et contournera en commençant par l'Ouest, pour redescendre vers le Sud en longeant la côte Est. Ce sera la partie la plus importante du voyage et probablement la plus pénible. Le retour s'effectuera par la mer de Kara et le détroit de Vaïgatch.

Le personnel scientifique qui accompagne M. Charcot est composé de MM. de Gerlache, le chef de l'Expédition antarctique belge; J. Bonnier, directeur du Laboratoire maritime de Wimereux-Ambleteuse; Zimmermann, professeur de Géographie physique à la Faculté de Lyon; Perez, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux; P. Pléneau, ingénieur; un enseigne de vaisseau et un artiste peintre.

L'équipage se composera d'un patron, de deux mécaniciens et de sept matelots. Dans la crainte d'un hivernage forcé, l'Expédition embarquera des vivres pour seize mois.

Ajoutons que la Société de Géographie de Paris, suivant l'exemple donné par l'Académie des Sciences, le Muséum et le Ministère de l'Instruction publique, vient d'accorder une subvention à M. Charcot. Elle lui a attribué une somme de 8.000 francs sur la fondation Dumont et la donation de Mme Hachette.

Les plantes à caoutchouc des colonies françaises. — Les cours d'enseignement colonial du Muséum se sont ouverts au commencement de mars sous les plus heureux auspices. Le 4 mars, M. Costantin a exposé l'état de nos connaissances sur les plantes productrices de caoutchouc de nos colonies d'Afrique et d'Asie. Il est, à l'heure actuelle, peu de sujets plus passionnants, parce qu'il en est peu subissant autant de changements indéfinis. Chaque heure amène la découverte de plantes nouvelles, exploitées d'abord mystérieusement par les indigènes, puis que les voyageurs et les commerçants ne tardent pas à mentionner, que les botanistes arrivent à définir et à décrire et que le planteur finit par cultiver. L'exploitation des richesses spontanées par les indigènes, source de grand profit pour eux, les habitue peu à peu à notre domination civilisatrice; aussi cette œuvre de paix consolide-t-elle notre empire.

M. Costantin divise les colonies d'Afrique au point de vue du caoutchouc en trois groupes : 1° Soudan et dépendances; 2° Congo; 3° Madagascar.

Dans la première région domine la liane gohine (*Landolphia Heudelotii*), dont l'aire immense va du Tchad à Conakry et à Saint-Louis. Au Dahomey domine le Foré (*Landolphia owariensis*).

Le Congo est caractérisé par l'exploitation du *Landolphia Klainii* (Fouti) (= *Foreti*) et de l'espèce nouvellement décrite *Pierrei*. Comme produit secondaire, M. Costantin signale dans ces deux régions le Dop mâle, dû au *Ficus Vogelii*, qui donne un produit inférieur.

A Madagascar, il montre, sur une carte dressée d'après l'exploration de M. Prudhomme, directeur de l'Agriculture à Madagascar, la zone d'extension du Voahena (*Landolphia madagascariensis*) sur toute la côte est et de l'Intisy (*Euphorbia Intisy*) au sud, de

Tullear à Fort Dauphin. M. Costantin rappelle l'histoire de la découverte accidentelle du caoutchouc de cette plante, qui servait aux enfants de la région à faire des tambourins et dont ils coagulaient le latex sur leur corps. Le fait découvert par un employé d'une factorerie fut l'origine d'une exploitation intense qui, pendant plusieurs années (après 1891), fut la source de nombreuses fortunes. La brousse où poussait la plante fut partout explorée et saccagée, et l'on aura grand'peine à en reconstituer la végétation.

M. Costantin passe en revue les plantes secondaires : le Lombiro (*Cryptostegia madagascariensis*), le Bokahaly ou Bokabé (*Marsdenia verrucosa*). Il étudie la source du produit commercial connu sous le nom de « Madagascar noir », qui est dû à divers *Mascarenhasia*, plantes arborescentes (*M. lisanthiflora, longifolia*, etc.).

Il termine cette révision des plantes africaines par des tableaux de la production du Soudan, de la Guinée et de Madagascar. Il remarque, dans ce dernier pays, l'influence prodigieuse exercée par la découverte de l'Intisy sur la production, et la chute de l'exportation lors de la dernière insurrection.

M. Costantin passe ensuite à l'étude toute récente des caoutchoucs de l'Indo-Chine, dus à des *Parameria, Ecdysanthera, Micrechites* et *Xylinabaria*.

Le rôle de la famille des Apocynées, que nous ne connaissons que par la Pervenche dans notre pays, est donc capital au point de vue de la colonisation française et son histoire devrait être apprise dans les écoles.

M. Costantin fait passer sous les yeux de ses auditeurs une foule d'échantillons rares, notamment des exemplaires de l'*Euphorbia Intisy* que M. Drake del Castillo, créateur de l'espèce, a bien voulu lui prêter. Il montre un grand nombre de dessins en projection, qui permettent d'apprécier les caractères des plantes, leur port, l'aspect des paysages où elles poussent. Il termine en montrant plusieurs clichés permettant d'assister à toutes les phases de l'exploitation du caoutchouc au Brésil, pays qui tient actuellement la tête de la production mondiale de la gomme, dans lequel l'exploitation des plantes à latex a exercé une fascination extraordinaire sur les classes rurales et drainé toute la population vers l'Amazone, où sévit la fièvre du caoutchouc presque aussi intense que la fièvre de l'or.

§ 10. — Enseignement, Universités et Sociétés

Personnel universitaire. — M. Buisine, professeur de Chimie appliquée à l'Agriculture et à l'Industrie, est chargé, sous l'autorité du doyen de la Faculté des Siences de Lille, de la direction de l'Institut chimique.

M. Cavalier, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Chimie à la Faculté des Sciences de Marseille, est chargé d'un cours de Chimie à la Faculté des Sciences de Rennes.

M. Joubin, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Rennes, est nommé doyen de la dite Faculté.

M. Mauclaire, agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, est chargé d'un cours de clinique chirurgicale, pendant le congé accordé à M. le Professeur Duplay.

M. Wallerant, docteur ès sciences, maître de conférences de Géologie à l'Ecole Normale Supérieure, est nommé professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

M. Bordier, agrégé de la Faculté de Médecine, est chargé d'un cours de Physique médicale à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon.

M. Moreau, agrégé des Ecoles de Pharmacie, est chargé d'un cours de Pharmacie à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon.

M. Buhl, docteur ès sciences mathématiques, est nommé maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Montpellier (*Fondation de l'Université de Montpellier*).

M. Le Roux, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Mathématiques appliquées à la Faculté des Sciences de Rennes, est nommé professeur de Mathématiques appliquées à la dite Faculté.

M. Heckel, professeur de Matière médicale à l'Ecole de plein exercice de Médecine et de Pharmacie de Marseille, est nommé, sur sa demande, professeur d'Histoire Naturelle.

M. Rivals, docteur ès sciences, professeur de Chimie au Collège Chaptal, est chargé d'un cours complémentaire de Chimie à la Faculté des Sciences de Marseille.

Société de Géographie commerciale de Paris. — Cette Société a tenu, le 17 mars, son assemblée générale annuelle. Après une allocution de M. Octave Noël, président, M. Gauthiot, secrétaire général, a lu les rapports de la Commission des prix de 1902, et les médailles suivantes ont été remises aux lauréats :

Médaille Berge : M. Brunhes;
Médaille Gauthiot : M. de Martonne;
Médailles Dupleix : M. P. Doumer et M. P. Labbé;
Médaille Caillé : M. E. Baillaud;
Médaille Crevaux : M. Stéphan;
Médaille La Pérouse : M. Eug. Gallois;
Médaille Dewez : M. E. Doutté;
Médailles de la Presse coloniale : M. Angoulvent et M. Vignéras;
Médailles de la Chambre syndicale des Négociants commissionnaires : M. E. Caustier et M. Risson;
Médailles de la Société : M. Clozel, M. Huguenin et M. de Wildeman.
Médaille Castonnet des Fosses : M. H. Cordier.

Ve Congrès international de Chimie appliquée. — Le Ve Congrès international de Chimie appliquée se tiendra à Berlin du 2 au 8 juin prochain. Le Comité d'organisation a pris toutes les mesures nécessaires pour donner un grand éclat à cette réunion. L'Allemagne y sera représentée par l'élite non seulement de ses techniciens, mais aussi de ses professeurs de Chimie qui estiment que la Science pure ne saurait se tenir à l'écart de ses applications. Il importe pour le bon renom de la Chimie française qu'elle soit aussi brillamment représentée à cette grande manifestation scientifique, et nous engageons vivement tous nos chimistes à prendre part au prochain Congrès de Berlin.

Le Bureau du Congrès (21, Marchstrasse, à Charlottemburg) fournit, sur demande, le programme et toutes les indications nécessaires.

Monument aux aéronautes du siège de Paris. — L'Aéro-Club vient de prendre l'initiative d'une souscription nationale pour élever un monument aux aéronautes du siège de Paris et aux héros des postes, des télégraphes et des chemins de fer qui firent le sacrifice de leur existence pour maintenir les communications entre la Capitale assiégée et la France envahie. Ce monument sera l'œuvre du célèbre sculpteur Bartholdi.

Les souscriptions sont reçues au siège de l'Aéro-Club, 84, faubourg Saint-Honoré, à Paris.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE[1]

VI. — LA STATIQUE GÉNÉRALE ET LA DYNAMIQUE GÉNÉRALE

I. — Le Potentiel interne et la Statique générale.

Nous avons vu que l'étude des modifications réversibles peut servir à établir des propositions de Statique; en effet, du théorème de Carnot on peut tirer les propriétés générales des systèmes en équilibre.

En cette étude, il y a grand intérêt à faire usage, pour représenter les propriétés du système, de certaines variables spéciales, que l'on nomme des *variables normales*. La température figure toujours au nombre des variables normales, mais elle y figure avec un rôle particulier; ces variables, en effet, sont choisies de telle sorte qu'en une modification virtuelle où la température change seule, tandis que chacune des autres variables garde sa valeur, les diverses parties du système demeurent immobiles et les actions extérieures n'effectuent aucun travail.

On se demandera, sans doute, si les propriétés de n'importe quel système peuvent être représentées par de telles variables; assurément non; un fluide qui se dilaterait par une élévation de température, mais dont la compressibilité serait nulle à température constante, ne pourrait être défini par des variables normales; mais, pratiquement, tous les systèmes que les physiciens sont amenés à concevoir pour représenter les propriétés des corps peuvent être rapportés à des variables normales.

L'emploi des variables normales donne aux propositions de la Thermodynamique leur forme la plus simple; dorénavant nous adopterons cet emploi.

Le principe de l'équivalence entre le travail et la chaleur et le principe de Carnot conduisent alors à des conséquences capitales, que nous allons passer en revue.

A chaque état du système que l'on étudie, ces deux principes attachent une certaine grandeur, déterminée lorsque l'on connaît la température absolue du système et les autres variables normales qui en déterminent les propriétés. La considération de cette grandeur domine la Thermodynamique tout entière. F. Massieu, qui l'a signalée le premier à l'attention des physiciens, l'a appelée la *Fonction caractéristique du système*; pour M. Gibbs et pour Maxwell, elle est l'*Énergie utilisable* (*available Energy*), pour Helmholtz, l'*Énergie libre* (*freie Energie*); nous lui avons donné le nom de *Potentiel thermodynamique interne*. La multiplicité de ces dénominations a sa raison d'être, car chacune d'elle reflète un des aspects sous lesquels on peut considérer cette grandeur; toutes, elles trouveront leur justification dans les développements qui vont suivre.

De l'expression de cette grandeur, on tire sans peine les conditions nécessaires et suffisantes pour que le système soit maintenu en équilibre par des corps étrangers maintenus à la même température que lui.

Pour obtenir ces conditions, on impose au système une modification virtuelle *qui n'en change pas la température*; à cette modification correspond un certain travail virtuel des actions extérieures et un certain accroissement du potentiel interne; on exprime que ce travail virtuel et cet accroissement sont égaux entre eux.

Le principe fondamental de la Statique nouvelle se présente donc exactement sous la forme que Lagrange[1] avait donnée au principe de l'ancienne Statique; la grandeur dont les axiomes de la Thermodynamique nous ont révélé l'existence joue en celui-là le rôle que le potentiel des forces intérieures jouait en celui-ci; de là le nom de Potentiel thermodynamique interne, que nous avons attribué à cette grandeur.

L'analogie profonde des principes fondamentaux entraîne, entre les deux sciences qui en découlent, des rapprochements intimes; aussi allons-nous retrouver, dans le domaine de la Statique générale, toutes les idées fécondes que Lagrange avait créées en exposant une Statique plus restreinte.

La formation des équations d'équilibre atteint le plus haut degré de simplicité dans le cas où l'état du système étudié est entièrement défini par la température absolue et par des variables normales qui sont toutes indépendantes les unes des autres; dans ce cas, ces conditions s'énoncent de la manière suivante : Chacune des actions extérieures A, B, ..., L qui correspondent respectivement aux variables normales α, β, ..., λ, autres que la température absolue, est égale à la dérivée du potentiel interne $\mathfrak{F}$ par rapport à la variable correspondante.

[1] Voyez les cinq premières parties de cette étude dans la *Revue* des 30 janvier 1903, p. 63; 15 février, p. 119; 28 février, p. 171; 15 mars, p. 247, et 30 mars, p. 301.

[1] Voir *La Mécanique analytique*, I (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, p. 119, 15 février 1903).

A cet énoncé, on peut substituer les équations que voici :

$$(1) \qquad A = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}, \quad B = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \beta}, \quad \ldots\ldots, \quad L = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \lambda}.$$

Le nombre de ces équations — la remarque sera de conséquence — est égal au nombre des variables normales qu'il faut joindre à la température pour déterminer entièrement l'état du système; elles fixent la valeur de chacune de ces variables et, partant, l'état d'équilibre du système, lorsque la température et les actions extérieures sont données.

Il peut se faire que les grandeurs variables par lesquelles on représente les propriétés du système ne soient pas indépendantes les unes des autres, qu'elles soient rendues solidaires par certaines conditions de liaison; alors nous retrouverons, en calquant nos raisonnements sur ceux de Lagrange, les forces de liaison, mais, les forces de liaison généralisées comme l'ont été les forces elles-mêmes et devenues *actions de liaison.*

L'esprit et les méthodes de la Statique de Lagrange ont donc passé en entier dans la Statique générale, dont la conception sera l'éternel titre de gloire de M. J. Willard Gibbs[1]; mais, en passant de l'une à l'autre, ils ont évolué; les germes semés par l'auteur de la *Mécanique Analytique* doivent leur ample et plein développement au physicien qui a traité de l'*Équilibre des substances hétérogènes.*

Jetons les yeux sur la science issue de ce développement.

De toutes parts, la réalité excédait les bornes de l'ancienne Statique.

Dès l'étude des fluides compressibles, cette science se trouvait réduite à confesser son insuffisance. Parmi les conditions d'équilibre de ces fluides, elle faisait figurer une relation entre la densité, la température et la pression; cette relation, elle ne pouvait la tirer de ses propres principes; elle l'introduisait d'emblée comme un postulat suggéré par l'expérience. En définissant le fluide compressible comme un milieu dont chaque élément est dans un état connu lorsqu'on connaît la densité et la température, la Statique nouvelle peut former l'expression du potentiel interne d'un tel fluide et en discuter les conditions d'équilibre[2]. Ces conditions sont beaucoup plus générales que l'Hydrostatique de Clairaut, d'Euler et de Lagrange ne le faisait supposer; en particulier, l'existence d'une relation entre la pression, la densité et la température ne saurait être posée comme une règle entièrement générale; elle est propre à des corps qui forment une catégorie particulièrement simple parmi tous les fluides possibles; heureusement, cette catégorie comprend le plus grand nombre des cas que rencontre la pratique.

Lorsque plusieurs fluides se compénètrent et se mélangent, tout en restant soumis à des forces extérieures, à la pesanteur par exemple, ils se distribuent suivant des lois qui échappaient aux prises des méthodes de Lagrange; dans son immortel écrit *Sur l'Équilibre des substances hétérogènes*, M. J. Willard Gibbs a tiré ces lois des principes de la Statique nouvelle; il a pu donner ainsi, des effets de l'osmose, une théorie dont les principales propositions sont, aujourd'hui, d'usage courant.

La Statique fondée sur la Thermodynamique peut, comme l'a montré W. Thomson, rendre des services analogues à la théorie de l'équilibre élastique; mais sa fécondité se manifeste mieux encore dans l'étude de propriétés purement qualitatives, comme l'électricité et le magnétisme.

Pour tirer de la Mécanique rationnelle les lois de l'équilibre électrique et magnétique, Poisson était obligé de regarder l'électricité et le magnétisme comme des fluides et de faire diverses hypothèses sur les propriétés de ces fluides. L'effondrement de la doctrine du calorique entraîna le discrédit des fluides électrique et magnétique. On demanda alors à des postulats spéciaux, les uns suggérés par l'expérience, les autres conçus *a priori*, les lois qui régissent une distribution permanente d'électricité ou de magnétisme. Cette méthode avait permis de réduire à l'analyse mathématique un grand nombre de problèmes ressortissant à cette branche de la Statique; mais elle n'établissait pas de lien logique entre les hypothèses sur lesquelles reposaient les diverses solutions.

Quelques-unes de ces hypothèses anciennement admises suffisent à former le potentiel interne d'un système où figurent des corps électrisés, des diélectriques polarisés et des aimants; ce potentiel une fois connu, la théorie de l'équilibre électrique et magnétique se déroule tout entière par des calculs réguliers où l'indétermination n'a plus de place; électrisation des conducteurs, homogènes ou hétérogènes, dont la température est uniforme, des chaînes thermo-électriques; aimantation des corps isotropes ou anisotropes; polarisation des diélectriques amorphes, des cristaux holomorphes ou hémimorphes, tous ces problèmes dépendent d'équations que fournit un procédé unique[1], calqué sur la méthode employée en Statique par Lagrange.

[1] J. Willard Gibbs : On the Equilibrium of heterogeneous Substances (*Transactions of the Academy of Connecticut*, vol. III, 1875-1878.)

[2] P. Duhem : Le Potentiel thermodynamique et la Pression hydrostatique (*Annales de l'École Normale Supérieure*, 3e série, t. X, p. 183; 1893).

[1] P. Duhem : *Théorie nouvelle de l'aimantation par influence, fondée sur la Thermodynamique*; Paris, 1888. — *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. I et II; Paris, 1891-1892.

Il fallait auparavant, pour mettre en équations un problème nouveau de Statique électrique ou magnétique, avoir recours à de nouveaux postulats; l'excessive liberté laissée au physicien dans le choix de ces nouvelles hypothèses n'engendrait qu'erreur et confusion lorsqu'il s'agissait de traiter une question neuve et compliquée ; ainsi, la théorie des déformations qui affectent un fluide ou un solide élastique lorsque ce corps porte une polarisation diélectrique ou magnétique avait reçu de Maxwell, de Helmholtz, de Korteweg, de Kirchhoff une forme inacceptable; les procédés de la nouvelle Statique ont pu démêler les complications de ce problème [1].

Les services rendus dans le domaine de l'électricité et du magnétisme n'auraient peut-être pas suffi à assurer le triomphe de la nouvelle Statique ; dans bien des cas, en effet, les résultats auxquels elle conduit étaient déjà connus; sans doute, ces résultats n'avaient point été déduits de principes généraux, mais d'hypothèses spéciales à chaque problème; sans doute, dans quelques circonstances, ils offraient des obscurités et des contradictions que la méthode thermodynamique avait fait disparaître ; toutefois, les conquêtes de cette méthode n'avaient point le caractère frappant et convainquant de l'invention.

Heureusement, dès ses débuts, la Statique thermodynamique conduisit M. J. W. Gibbs à la découverte de lois nouvelles, dont l'importance s'affirme, plus claire de jour en jour. C'est en étudiant les changements d'état physique ou de constitution chimique que l'illustre Américain créa ces lois. Nul domaine n'était plus fermé à l'Ancienne Mécanique, nul n'était plus étranger à la théorie du mouvement local, que le domaine de la *génération* et de la *corruption*, comme eussent dit les péripatéticiens, que la *Mécanique chimique*, selon le langage moderne. L'hypothèse cinétique, comme l'hypothèse de l'attraction moléculaire, avait en vain tenté d'organiser la Mécanique chimique. Du premier coup, la Statique fondée sur la Thermodynamique donna sa mesure en lui imposant des règles aussi simples que fécondes: toutes ces règles sont dominées par la *loi des phases*.

Dans le vase où s'achève une réaction et où s'établit un équilibre chimique, l'observateur voit, isolées les unes des autres, diverses substances dont chacune a, en tout point, la même nature et les mêmes propriétés; ces substances sont les *phases* en lesquelles le système chimique est partagé; le spath d'Islande, la chaux, le gaz carbonique sont les trois phases d'un système où le carbonate de calcium se dissocie en chaux et anhydride carbonique. Le nombre des phases en lesquelles un système chimique est partagé est un des deux nombres qui caractérisent ce système; l'autre est le nombre des *composants indépendants* qui le constituent, c'est-à-dire des corps dont la masse est laissée arbitraire par les formules chimiques des substances entrant en réaction. Il suffit de connaître ces deux nombres pour pouvoir indiquer la forme générale dans laquelle se coule la loi d'équilibre du système.

Cette règle des phases demeura longtemps, dans l'écrit de Gibbs [1], un théorème d'Algèbre inaperçu ; M. Van der Waals l'exhuma du milieu des équations et la signala aux expérimentateurs; M. Bakhuis Roozeboom, M. van't Hoff, leurs nombreux disciples, en firent usage pour discuter des réactions chimiques si compliquées qu'elles fussent demeurées inextricables sans ce secours. Grâce à l'activité de ces chimistes, la portée de cette loi nouvelle ne peut plus être contestée; on a dit, non sans raison, qu'elle exercerait sur la Chimie du XX[e] siècle une influence comparable à celle que la loi de Lavoisier a exercée sur la Chimie du XIX[e] siècle. Dès maintenant, la règle des phases a profondément transformé la théorie de l'isomorphisme; elle a débrouillé le chaos que formait jusqu'ici l'étude des alliages; elle a bouleversé les idées qu'adoptaient les chimistes touchant les marques auxquelles on reconnaît un composé défini [2].

Tirée d'hypothèses extrêmement simples et générales, la règle des phases s'étend à l'ensemble de la Mécanique chimique; mais elle ne pénètre pas dans le détail des phénomènes; les renseignements qu'elle donne sont qualitatifs plutôt que quantitatifs. En particularisant les hypothèses qui déterminent le potentiel interne, on obtiendra des conséquences qui pénètreront plus intimement dans l'analyse des phénomènes. C'est ainsi qu'en attribuant les propriétés des gaz parfaits à tous les corps qui entrent en réaction ou seulement à quelques-uns d'entre eux, M. Horstmann [3] et M. Gibbs [4] ont pu obtenir des formules qui s'accordent numériquement avec les résultats des recherches sur la dissociation.

[1] P. DUHEM : *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. II, livre XII; Paris, 1892.

LIÉNARD : Pressions à l'intérieur des aimants et des diélectriques (*La Lumière électrique*, t. LII, p. 7 et 67; 1894).

P. DUHEM : Sur les pressions dans les milieux diélectriques ou magnétiques (*American Journal of Mathematics*, vol. XVII, p. 117; 1895).

[1] J. W. GIBBS : On the Equilibrium of heterogeneous Substances (*Transactions of Academy of Connecticut*, vol. III, p. 152; 1876), traduit par H. Le Chatelier sous le titre : *Équilibre des systèmes chimiques*, p. 63.

[2] Le lecteur trouvera un exposé d'ensemble des recherches chimiques auxquelles la règle des phases a donné lieu dans notre livre : *Thermodynamique et Chimie, leçons élémentaires à l'usage des chimistes*; Paris, 1902.

[3] HORSTMANN : Theorie der Dissociation (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CLXX, p. 192; 1873).

[4] J. W. GIBBS : *Loc. cit.*

La Thermodynamique étend donc aux domaines les plus divers : Statique électrique, Statique magnétique, Statique chimique, les méthodes créées par Lagrange pour traiter de la Statique purement mécanique; mais cette extension elle-même, quelle qu'en soit la prodigieuse ampleur, n'épuise pas la fécondité de la nouvelle discipline; à la détermination des conditions d'équilibre des divers systèmes vient s'adjoindre un chapitre dont l'Ancienne Mécanique ne pouvait même pas concevoir la possibilité : la détermination des propriétés calorifiques.

Le développement de tout ce nouveau chapitre repose essentiellement sur le fait analytique suivant : Lorsqu'on connaît le Potentiel interne d'un système, un calcul régulier et très simple en fait connaître l'Énergie interne.

Or, considérons une modification virtuelle issue d'un état d'équilibre; en cette modification, les forces d'inertie sont toutes nulles; la quantité de chaleur dégagée est l'excès du travail virtuel des actions extérieures sur l'accroissement de l'Énergie interne; mais les actions extérieures que subit le système en équilibre, aussi bien que l'Énergie interne, sont connues par le Potentiel interne; il en est donc de même de la quantité de chaleur dégagée; de l'expression du Potentiel interne, un calcul régulier tirera les *coefficients calorifiques du système en équilibre*.

Ainsi, la recherche des conditions d'équilibre d'un système pourra toujours et immédiatement être complétée par la recherche des propriétés calorifiques de ce système; la seconde recherche sera la suite naturelle de la première. Par exemple, la Statique nous apprend qu'on maintient en équilibre un liquide surmonté de sa vapeur en appliquant aux deux fluides une pression qui dépend de la température seule; aussitôt, ce renseignement se trouve complété par l'expression de la chaleur de vaporisation et des chaleurs spécifiques des deux fluides saturés; la loi d'équilibre que donne la règle des phases est immédiatement accompagnée des formules de Clapeyron et de Clausius.

Il serait trop long d'énumérer ici tous les travaux qui se rapportent à cet ordre de recherches; nous n'en signalerons qu'un. Les lois calorifiques des phénomènes électrolytiques ont été longtemps, pour la Physique, une pierre de scandale; une formule trop simple, donnée par Helmholtz, par Joule et par W. Thomson, ne s'accordait nullement avec les déterminations expérimentales de P. A. Favre, de Raoult, de M. F. Braun; les méthodes nouvelles ont permis à M. Gibbs et à Helmholtz de résoudre cette difficulté et d'établir des formules que l'expérience vérifie minutieusement.

Une modification réversible infiniment petite n'est autre chose qu'une modification virtuelle issue d'un état d'équilibre; la quantité de chaleur dégagée en une telle modification se détermine donc à partir du Potentiel interne. Divisons cette quantité de chaleur par la température absolue afin d'obtenir, pour notre modification réversible, ce que Clausius nomme la *valeur de transformation*[1]; cette valeur de transformation se trouve être la diminution que subit, en la modification considérée, une certaine grandeur, l'*Entropie*, entièrement fixée lorsqu'on se donne l'état du système.

Si l'on fait parcourir au système un cycle réversible, l'Entropie reprend, à la fin du cycle, sa valeur initiale; zéro représente donc la somme des quotients que l'on obtient lorsqu'on divise chacune des quantités de chaleur infiniment petites dégagées au cours d'un cycle réversible par la température absolue du système pendant ce dégagement.

Découvertes par Clausius, ces propositions ont précédé la constitution de la Statique nouvelle; elles ont provoqué sa création et présidé à sa naissance; à côté de l'Énergie interne, elles ont introduit une autre fonction de l'état du système, l'Entropie; aujourd'hui, ces deux fonctions fondamentales cèdent le pas au Potentiel interne, dont elles dérivent par un calcul régulier.

Lors donc que l'on connaît le Potentiel interne d'un système, on en connaît les conditions d'équilibre, l'Énergie interne, l'Entropie, les coefficients calorifiques; en un mot, l'étude statique du système est achevée; les caractères du système en équilibre sont nettement et complètement gravés. C'est ce que F. Massieu avait vu le premier et c'est pourquoi il avait donné le nom de *Fonction caractéristique* à la grandeur que, plus tard, nous avons nommée Potentiel interne.

II. — Le Principe de la Dynamique générale.

L'étude d'un système matériel placé dans des conditions où il n'éprouve plus aucune modification, d'un système *en équilibre*, est complète; il nous faut maintenant aborder l'étude d'un système dont l'état change d'un instant à l'autre, d'un système *en mouvement*, ce dernier mot étant pris au sens large que lui attribue la Physique péripatéticienne.

Pour passer des lois de l'équilibre aux lois du mouvement, le procédé qui s'offre d'abord au physicien consiste à étendre à la Mécanique générale le classique Principe de d'Alembert[2].

En vertu de ce principe, le système demeurerait

[1] Voir : *Les théories de la Chaleur et de l'Électricité*, III (*Rev. gén. des Sciences*, 14e année, p. 174; 28 février 1903).
[2] Voir : *La Mécanique analytique*, II (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, p. 124; 15 février 1903).

en équilibre dans son état actuel si on le soumettait non seulement aux actions extérieures qui le sollicitent réellement, mais encore aux forces fictives d'inertie. Si donc, à partir de l'état en lequel un système se trouve à un instant donné, on lui imposait un changement virtuel qui n'altère pas la température de ses diverses parties, on imposerait en même temps à son Potentiel interne un certain accroissement, et cet accroissement égalerait la somme des travaux virtuels des actions extérieures et des forces d'inertie.

Les équations du mouvement qui découlent de ce principe sont faciles à écrire lorsque le système est représenté par un certain nombre de variables normales indépendantes; elles se tirent, en effet, des équations d'équilibre (1) en ajoutant à chacune des actions extérieures la force d'inertie correspondante. Si J_α, J_β, ..., J_λ, sont les forces d'inertie qui se rapportent aux variables α, β, ..., λ, ces équations s'écriront :

$$(2) \qquad A + J_\alpha = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}, \qquad \ldots\ldots, \qquad L + J_\lambda = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \lambda}.$$

Ces équations, tirées du Principe de d'Alembert, ne suffisent pas à rendre compte des mouvements que l'on observe dans la Nature.

Leur insuffisance avait été déjà reconnue par l'Ancienne Mécanique en analysant certains mouvements purement locaux. Ainsi, l'étude de l'Hydrodynamique avait montré que de telles équations ne pouvaient rendre un compte exact du mouvement des fluides; les écarts observés, réunis sous le nom de *phénomènes de viscosité*, avaient déjà conduit Navier à compliquer les formules précédentes par l'introduction de nouveaux termes.

Cette insuffisance se marque plus nettement encore dans l'analyse de certains faits qui échappaient entièrement aux prises de l'Ancienne Mécanique.

Parmi les variables normales qui, jointes à la température, définissent un système, il s'en trouve parfois dont la valeur peut changer sans qu'aucune des masses élémentaires qui composent le système se déplace dans l'espace; une telle variable ne figure pas dans l'expression de la force vive, et il en est de même de la *vitesse généralisée* qui lui correspond; dès lors, la méthode donnée par Lagrange pour calculer les forces d'inertie montre que la force d'inertie relative à cette variable est toujours nulle; on a affaire à une *variable sans inertie*.

Voici un exemple de variable sans inertie :

Au sein d'un récipient rigide, se trouve un mélange homogène de chlore, d'hydrogène et d'acide chlorhydrique; pour fixer l'état d'un tel système, il suffit de joindre à la température une seule variable normale, le degré d'acidité du mélange gazeux. Lorsque la valeur de cette variable vient à croître, une certaine masse d'hydrogène et de chlore libres se transforme en une masse égale d'acide chlorhydrique; mais chacune des masses élémentaires qui composent le mélange garde, dans l'espace, une position invariable; cette affirmation suppose, bien entendu, que l'on n'attribue pas l'acte de la combinaison à des mouvements cachés, à des déplacements d'atomes, inaccessibles à l'observation; mais c'est précisément le caractère de la Mécanique nouvelle d'exclure la considération de tels mouvements des schèmes qu'elle construit pour représenter la réalité. Le degré d'acidité du mélange est donc une variable sans inertie.

Une variable sans inertie donnerait, parmi les équations (2) qui régissent le mouvement du système, une équation identique à la condition d'équilibre correspondante (1). En particulier, si l'état du système dépendait d'une seule variable hors la température et que cette variable fût sans inertie, les conditions d'équilibre devraient être à chaque instant vérifiées; à chaque instant, le système se trouverait précisément dans l'état où il demeurerait en équilibre si la température et les actions extérieures cessaient de varier. Si l'on portait à une température donnée un mélange d'hydrogène, de chlore et d'acide chlorhydrique contenu dans un récipient rigide, ce mélange présenterait aussitôt le degré d'acidité qui en assure l'équilibre à la température considérée.

L'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi; la composition d'un tel système varie d'un instant à l'autre; l'équilibre n'est atteint qu'au bout d'un temps plus ou moins long.

La considération des variables sans inertie fait donc éclater aux yeux cette vérité que l'analyse des mouvements locaux avait déjà découverte : Le Principe de d'Alembert, accepté sans aucune modification, ne convient pas à l'établissement de la Dynamique générale.

Quel changement va-t-on apporter à ce principe? Ce changement est, en quelque sorte, imposé par les hypothèses faites, depuis Navier, dans l'étude des fluides visqueux.

A chacune des variables normales autres que la température absolue, on fera correspondre non seulement une action extérieure et une action d'inertie, mais encore une *action de viscosité;* chaque action de viscosité dépendra non seulement de la température et des autres variables normales qui déterminent l'état du système, mais encore des *vitesses généralisées*, c'est-à-dire des dérivées par rapport au temps des diverses variables autres que la température; en outre, ces actions de viscosité posséderont une propriété essentielle qui permettra de les regarder comme des actions retardatrices, comme des *résistances passives; en aucune modi-*

fication réelle du système, elles n'effectueront un travail positif: elles pourront, pour certains mouvements réels, produire un travail nul; c'est ce qui aura toujours lieu si le système éprouve, dans l'espace, un déplacement d'ensemble qui n'en altère ni la configuration, ni l'état; mais, en général, le travail de viscosité sera négatif.

L'état du système, à chaque instant, n'est plus l'état d'équilibre qu'il présenterait si on le soumettait à la fois aux actions extérieures et aux forces d'inertie; c'est l'état dans lequel il demeurerait en équilibre si on le soumettait simultanément aux actions extérieures, aux forces d'inertie et aux actions de viscosité. Si donc on impose à ce système un déplacement virtuel qui n'altère pas sa température, ces trois sortes d'actions effectueront des travaux virtuels et la somme de ces trois espèces de travaux devra être égale à l'accroissement subi par le potentiel interne.

Tel est le principe sur lequel repose toute la Dynamique générale.

Brièvement esquissé par Helmholtz[1], il a reçu son énoncé explicite dans nos recherches[2], prolongées par les travaux de M. L. Natanson[3].

Supposons que le système soit défini par sa température et par un certain nombre de variables normales $\alpha, \ldots, \lambda$, indépendantes les unes des autres; supposons que $v_\alpha, \ldots, v_\lambda$ soient les actions de viscosité qui correspondent à ces variables; les équations du mouvement du système seront non plus les équations (2), mais les équations

$$(3) \quad A + J_\alpha + v_\alpha = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}, \quad \ldots\ldots, \quad L + J_\lambda + v_\lambda = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \lambda}.$$

Arrêtons-nous un instant à ces équations qui condensent, en grande partie, les enseignements de la nouvelle Mécanique.

Les actions extérieures et les dérivées du Potentiel interne introduisent dans ces équations les diverses variables normales, y compris la température; les actions de viscosité dépendent, en outre, des *vitesses généralisées*, c'est-à-dire des dérivées premières, par rapport au temps, des variables normales, hors la température; à ces diverses grandeurs, les forces d'inertie adjoignent les *accélérations généralisées*, c'est-à-dire les dérivées du second ordre, par rapport au temps, des mêmes variables. Les équations (3) sont donc, en général, ce que les géomètres nomment des *équations différentielles du second ordre.*

Ce caractère des équations (3) entraîne la conséquence suivante :

Le mouvement qu'un système, soumis à des actions données, prend à partir d'un instant donné n'est pas déterminé si l'on connaît seulement l'état du système à l'instant initial; en général, il faut y joindre la connaissance des valeurs initiales prises par les vitesses généralisées.

Mais cette loi, qui est le fondement même de la Dynamique classique, comporte, en Dynamique générale, des exceptions.

Lorsqu'une variable normale est sans inertie, l'accélération généralisée qui lui correspond disparaît des équations (3). En particulier, si le système est défini exclusivement par des variables sans inertie, les équations du mouvement cessent d'être des équations différentielles du second ordre, pour n'être plus que des équations du premier ordre. Dès lors, le mouvement pris, à partir d'un certain instant, par le système soumis à des actions données, est déterminé par la seule connaissance de l'état initial et sans aucun recours aux vitesses initiales.

Cette remarque est d'importance. En effet, les systèmes qui intéressent le chimiste sont, presque toujours, définis par des variables qui correspondent à des forces d'inertie nulles ou négligeables. La Dynamique des systèmes sans inertie implique donc, en très grande partie, la Dynamique chimique. Ce que nous venons de dire suffit à montrer que plusieurs propositions, vraies dans la Dynamique des mouvements locaux, ne pourront s'étendre à la Dynamique des réactions chimiques; cependant, ces deux Dynamiques, incompatibles en apparence, se tirent d'une même Dynamique générale; mais l'une en dérive le plus souvent en négligeant les actions de viscosité, et l'autre en biffant les forces d'inertie[1].

III. — Les relations supplémentaires.

Ces réflexions ne sont pas les seules auxquelles donnent lieu les équations générales du mouvement.

Pour que le mouvement d'un système soit déterminé, il faut — au sens général que nous donnons au mot mouvement — connaître, à chaque instant,

[1] Helmholtz : Ueber die physikalische Bedeutung des Princips der kleinsten Wirkung (*Borchardt's Journal für Mathematik*, Bd. C, pp. 137 et 213; 1886. *Abhandlungen*, Bd. III, p. 203).

[2] P. Duhem : Commentaire aux Principes de la Thermodynamique, 3e partie (*Journal de Mathématiques*, 4e série, t. X, p. 203 ; 1894). — Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 5e série, t. II; 1896).

[3] L. Natanson : Mémoires divers publiés, à partir de 1896, dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie* et dans la *Zeitschrift für physikalische Chemie*.

[1] P. Duhem : Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 5e série, t. II; 1896). — *Traité élémentaire de Mécanique chimique, fondé sur la Thermodynamique*, livre II, t. I, p. 201; Paris, 1897. — *Thermodynamique et Chimie; leçons élémentaires à l'usage des chimistes*, p. 455; Paris, 1902.

la valeur de la température et des variables normales; la détermination du mouvement, c'est donc la détermination, en fonctions du temps, de la température et des variables normales.

Chacune des variables normales, hors la température, fournit une des équations (3) qui régissent le mouvement; il est donc visible que le nombre de ces équations est inférieur d'une unité au nombre des fonctions à déterminer[1].

Si le système se composait de diverses parties portées à des températures différentes, le nombre des fonctions inconnues surpasserait encore le nombre des équations du mouvement fournies par la Thermodynamique; l'excès serait égal au nombre des températures indépendantes qu'il y a lieu de considérer.

Les principes posés jusqu'ici ne suffisent donc pas à mettre complètement en équations le problème général de la Dynamique; pour que cette mise en équations soit sans lacune, il faut, aux relations déjà obtenues, adjoindre autant de *relations supplémentaires* qu'il y a de températures distinctes à déterminer, et ces relations, il les faut tirer de principes nouveaux.

Quels seront ces principes?

Décomposons le système en parties dont chacune aura, à chaque instant, une température uniforme, tandis que la température pourra n'être pas la même pour deux parties différentes. Les principes que nous avons posés suffisent à calculer la quantité de chaleur dégagée, pendant un temps infiniment court, par chacune de ces parties. Ce calcul, d'ailleurs, met en évidence un résultat qu'il nous faut signaler incidemment[2].

Prenons la quantité de chaleur dégagée par chacune des parties du système; divisons-la par la température absolue de cette partie; formons la somme des quotients ainsi obtenus, et ajoutons-y l'accroissement éprouvé par l'Entropie du système; la valeur ainsi obtenue est, en général, positive. Cette proposition énonce, sous la forme la plus compréhensive, la célèbre *inégalité de Clausius*[3] qui, si puissamment et si heureusement, a influé sur l'évolution de la Mécanique. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, la somme que nous venons de former est nulle; c'est ce qui a lieu, en particulier, si toutes les actions de viscosité sont nulles; ainsi, pour les systèmes sans résistance passive qu'étudiait l'Ancienne Mécanique, l'inégalité de Clausius se transforme en égalité.

Mais revenons à la formation des relations supplémentaires.

Le calcul de la quantité de chaleur dégagée par chacune des parties du système fait intervenir les actions extérieures, le Potentiel interne, les forces d'inertie, c'est-à-dire les températures, les variables normales, les vitesses généralisées et les accélérations généralisées. C'est donc en fonction de toutes ces grandeurs ou de quelques-unes d'entre elles que se trouvera évaluée la quantité de chaleur dégagée par chaque partie du système.

Supposons maintenant que des hypothèses, distinctes de celles que nous avons invoquées jusqu'ici, nous fournissent une autre expression de cette même quantité de chaleur; du rapprochement entre ces deux expressions, jaillira une relation entre les variables qui fixent l'état du système; nous obtiendrons ainsi autant de relations supplémentaires qu'il y a, dans le système, de parties ou, en d'autres termes, qu'il y a de températures indépendantes les unes des autres.

Cette seconde expression de la quantité de chaleur que chacune des parties du système cède aux parties contiguës, elle nous est fournie par la théorie des échanges de chaleur que permet la conductibilité. Cette théorie, imaginée comme l'on sait par Fourier, devient ainsi l'auxiliaire indispensable de la Thermodynamique; elle seule rend possible la formation des relations supplémentaires sans lesquelles la mise en équation du problème de la Dynamique serait incomplète.

L'étude de la propagation de la chaleur par conductibilité d'une région à l'autre du système est liée d'une manière intime et inextricable à l'étude du mouvement de ce système; l'un de ces deux problèmes ne peut être traité indépendamment de l'autre. Du moins, en est-il ainsi en général. Mais la dissociation de ces deux problèmes, ordinairement impossible, devient possible en certains cas particuliers; les cas traités par l'Ancienne Mécanique sont de ce nombre.

Dès lors, la question suivante[1] s'impose à notre attention : Quels sont les systèmes dont le mouvement peut être étudié sans faire appel aux relations supplémentaires? Et, tout aussitôt, cette

[1] P. Duhem : *Hydrodynamique, Élasticité, Acoustique*, t. I, p. 18 et p. 99; Paris, 1891. — *Commentaire aux Principes de la Thermodynamique*, 3e partie : Les Équations générales de la Thermodynamique, chapitre II (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. X, p. 225; 1894).

[2] P. Duhem : *Commentaire aux Principes de la Thermodynamique*, 3e partie : Les Équations générales de la Thermodynamique (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. X, p. 228 et p. 238; 1894). — *Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques*, p. 41; Paris, 1896.

[3] Voir : *Les Théories mécaniques de la Chaleur et de l'Électricité*, III. *Revue gén. des Sciences*, 14e année, p. 184; 28 février 1903.

[1] P. Duhem : Sur l'équation des forces vives en Thermodynamique et les relations de la Thermodynamique avec la Mécanique classique (*Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, séance du 23 décembre 1897). — L'intégrale des forces vives en Thermodynamique (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, t. IV, p. 5; 1898).

question se transforme en celle-ci : Quels sont les systèmes dont les équations du mouvement, telles que les donne la Thermodynamique, ne contiennent pas les températures des divers corps?

De tels systèmes ne doivent pas être affectés de viscosité, car les actions de viscosité dépendent sûrement de la température; les équations qui régissent leur mouvement sont donc non pas les équations (3), mais simplement les équations (2). Si l'on cherche quels sont les systèmes où les équations (2) ne contiennent pas les températures des diverses parties, on trouve aussitôt que ces systèmes sont caractérisés de la manière suivante : Leur Potentiel interne est la somme de deux termes; le premier terme dépend des températures des diverses parties et point des autres variables normales; le second terme ne dépend pas des températures et dépend seulement des autres variables.

Ce sont là des systèmes très remarquables; au cours des déductions thermodynamiques, on les rencontre à chaque instant, à titre de cas exceptionnels. Une propriété essentielle découle de la forme de leur Potentiel interne : en une modification réelle ou virtuelle qui laisse invariable la température de chaque partie, ces systèmes ne dégagent point, n'absorbent point de chaleur; pour eux, toute modification *isothermique* est, en même temps, une modification *adiabatique*.

On peut aisément donner un exemple de tels *systèmes isothermo-adiabatiques* : il suffit de prendre un ensemble de corps dont chacun garde une figure invariable et de supposer que l'état de chacun de ces corps est entièrement défini par sa position dans l'espace et par la distribution que la température affecte en lui. Or, un tel ensemble représente bien le type général des systèmes qu'étudiait l'Ancienne Mécanique. On comprend donc que l'on puisse déterminer le mouvement de tels systèmes sans faire aucun appel à la théorie de la conductibilité; que, pour eux, l'établissement des équations de la Dynamique ait précédé la découverte des lois de propagation de la chaleur. Les formules qui régissent cette propagation interviennent seulement, une fois connu le mouvement du système, pour étudier les variations de la température des divers corps; une fois le mouvement des astres déterminé par la Mécanique céleste, on peut, avec Fourier, se proposer de déterminer la distribution des températures sur chacun d'eux.

Cette résolution *en deux temps* du problème de la Dynamique n'est possible, nous l'avons dit, que pour les systèmes isothermo-adiabatiques; le mouvement d'aucun autre système ne peut être déterminé si l'on ne tient compte des relations supplémentaires. Les géomètres ont été contraints de reconnaître cette vérité aussitôt qu'ils ont voulu, pour traiter de la propagation du son dans l'air, analyser un système étranger à cette catégorie si particulière; la correction apportée par Laplace à l'expression de la vitesse du son qu'avait donnée Newton consistait essentiellement à substituer une relation supplémentaire à une autre.

IV. — L'Équation de la Force vive et l'Énergie utilisable.

L'équation de la force vive a joué un rôle essentiel dans le développement de l'Ancienne Mécanique[1]; cherchons ce qu'elle devient dans la Mécanique nouvelle[2]; cette question va nous ramener à la considération de la forme prise par les relations supplémentaires.

En toute modification virtuelle sans changement de température, la somme des travaux des actions extérieures, des forces d'inertie et des actions de viscosité est égale à l'accroissement du Potentiel interne.

Écrivons l'égalité qui exprime cette proposition en attribuant comme variation virtuelle, à chacune de nos variables normales, précisément la variation réelle qu'elle éprouve, en un temps infiniment court, par l'effet du mouvement du système. Le travail virtuel des actions extérieures, le travail virtuel des actions d'inertie deviennent les travaux réels que ces actions accomplissent dans le temps considéré; le travail virtuel des forces d'inertie devient la diminution que subit, dans le même temps, la force vive du système; quant à l'accroissement que subissait le Potentiel interne dans la modification isothermique virtuelle, il ne devient pas égal à l'accroissement que subit la même grandeur en la modification réelle, car, ordinairement, celle-ci n'est plus isothermique.

Donc, en général, l'excès du travail que les actions extérieures et les actions d'inertie accomplissent réellement pendant un certain laps de temps, sur l'accroissement qu'éprouve la force vive pendant le même laps de temps, ne peut être égalé à l'accroissement que prendrait une certaine grandeur entièrement déterminée par l'état du système

Mais cette proposition, fausse en général, peut être vraie dans certains cas particuliers et ces cas, il est essentiel de les connaître. Recherchons donc les circonstances dans lesquelles le second

[1] Voir : *La Mécanique analytique*, II (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, p. 124; 15 février 1903).

[2] P. Duhem : Sur l'équation des forces vives en Thermodynamique et les relations de la Thermodynamique avec la Mécanique classique (*Procès-verbaux de la Société des Sciences Physiques et Naturelles de Bordeaux*, séance du 23 décembre 1897). — L'intégrale des forces vives en Thermodynamique (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, t. IV, p. 5; 1898).

membre de l'*équation de la Force vive*, traduction de la proposition précédente, devient l'accroissement d'une certaine grandeur qui dépend seulement de l'état du système. Lorsqu'une telle grandeur existera, nous la nommerons l'*Énergie utilisable* du système; pour quelle raison, c'est ce que nous verrons tout à l'heure.

Tout d'abord, un système peut-il admettre une Énergie utilisable quelle que soit la forme attribuée aux relations supplémentaires?

Pour qu'il en soit ainsi, on le voit sans peine, le Potentiel interne doit être la somme de deux termes, dont l'un dépend exclusivement des températures et point des autres variables normales, tandis que l'autre dépend des variables normales et point des températures; en d'autres termes, le système considéré doit se transformer en un système *isothermo-adiabatique* si on le prive de ses actions de viscosité; d'ailleurs, en un tel système, l'Énergie utilisable se confond avec le Potentiel interne qui ne dépend pas des températures.

Parmi les systèmes que nous venons de définir se trouvent ceux qu'étudie l'ancienne Mécanique.

Les autres systèmes ne sauraient admettre une énergie utilisable en toutes circonstances et quelle que soit la forme des relations supplémentaires. Mais certaines formes particulières attribuées à ces relations peuvent leur assurer une telle Énergie. C'est ce qui arrive, en particulier, lorsque les relations supplémentaires rendent invariable la température de chacune des parties du système, lorsque, par conséquent, toutes les modifications réelles sont *isothermiques* ; ce sont précisément les conditions qui sont remplies en un système de conductibilité parfaite dont la surface est maintenue à une température uniforme et invariable. L'Énergie utilisable se confond alors avec le Potentiel interne.

Il est un autre cas où le système admet une énergie utilisable en vertu des relations supplémentaires ; c'est le cas où ces relations transforment l'Entropie de chacune des parties du système en une fonction de la seule température de cette partie ; d'ailleurs, avec la forme de cette fonction change la grandeur qui joue le rôle d'Énergie utilisable.

Ce cas est réalisé sous son aspect le plus simple lorsque l'Entropie de chacune des parties du système garde nécessairement, en toute modification réelle, une valeur invariable. Pour un système dont toutes les modifications réelles sont *isentropiques*, l'Énergie utilisable est identique à l'Énergie interne.

Ce cas n'est point dépourvu de tout sens physique.

Si le système est exempt de viscosité et si l'absence de conductibilité empêche ses diverses parties d'échanger aucune quantité de chaleur soit entre elles, soit avec les corps étrangers, chacune de ces parties garde, au cours du mouvement, une Entropie invariable. On rencontre, en Physique, des systèmes qui sont approximativement soumis à de telles conditions; les mouvements d'une masse gazeuse dont la conductibilité et la viscosité sont très faibles sont des mouvements sensiblement isentropiques; c'est, en effet, ce que Laplace a admis touchant les mouvements qui propagent le son dans l'air, tandis que Newton les supposait isothermiques.

Après avoir énuméré les divers cas où un système admet une Énergie utilisable, il nous reste à justifier cette dénomination.

Lorsqu'on assemble des corps et qu'on les assujettit à subir des modifications qui, de leur ensemble, fassent un *moteur*, on peut se proposer d'en tirer deux sortes d'effets. On peut leur demander de déplacer ou de modifier certaines parties du système contrairement aux tendances des actions extérieures ou, en d'autres termes, d'obliger les actions extérieures à effectuer un travail négatif; à une grue ou à un ascenseur, on demande d'élever une charge pesante. On peut aussi leur demander d'accroître la force vive d'une partie du système ; on emploie un arc ou un canon à lancer un projectile.

Il est donc naturel de prendre pour mesure de l'*effet mécanique utile* d'une modification accomplie en un système l'accroissement de la force vive du système diminué du travail des actions extérieures.

S'il s'agit d'un système qui admet une Énergie utilisable, nous tirons immédiatement de l'équation de la force vive la proposition que voici : L'effet mécanique utile surpasse la diminution de l'Énergie utilisable d'une quantité égale au travail des actions de viscosité. Or, on se souvient que le travail réel des actions de viscosité ne peut jamais être positif. La proposition précédente peut donc s'énoncer de la manière que voici : L'effet mécanique utile d'une modification ne peut jamais dépasser la perte d'Énergie utilisable que le système subit en cette modification ; en général, il lui est inférieur : exceptionnellement, il lui est égal si la modification n'entraîne aucun travail des actions de viscosité.

Cette proposition justifie la dénomination d'Énergie utilisable.

Si toutes les modifications du système sont isothermiques, le rôle d'Énergie utilisable est tenu, nous l'avons dit, par le Potentiel interne; de là les dénominations d'*available Energy*, de *freie Energie*, que Gibbs, Maxwell et Helmholtz avaient attribuées à ce Potentiel. Mais le Potentiel interne ne tient ce rôle que pour les modifications isother-

miques; pour les modifications isentropiques, par exemple, il le cède à l'Énergie interne; de là l'importance de cette dernière pour évaluer l'effet utile d'une charge de poudre qui détone dans une enceinte imperméable à la chaleur et le nom de *Potentiel explosif* qu'elle prend en Balistique.

V. — La Stabilité et le Déplacement de l'Équilibre.

La notion d'Énergie utilisable marque toute son importance dans les discussions relatives à la stabilité d'un état d'équilibre. Lorsqu'un système admet une Énergie utilisable, lorsqu'en outre le travail virtuel des actions extérieures est la diminution d'un potentiel, entièrement déterminé par l'état du système, la proposition célèbre de Lagrange[1], la rigoureuse démonstration de Lejeune-Dirichlet s'étendent d'elles-mêmes; l'équilibre est assurément stable dans un état où la somme de l'Énergie utilisable et du potentiel externe a une valeur minimum.

S'il s'agit d'un de ces systèmes exceptionnels pour lesquels il existe une Énergie utilisable quelle que soit la forme donnée aux relations supplémentaires, aucune restriction ne vient compliquer l'énoncé ni limiter la portée du théorème précédent; ainsi en est-il dans le domaine de l'Ancienne Mécanique.

Il n'en est plus de même si le système n'admet d'Énergie utilisable qu'en vertu de la forme particulière attribuée aux relations supplémentaires; dans ce cas, le minimum dont parle la proposition précédente ne doit plus être tel que l'Énergie utilisable croisse en toute modification virtuelle à partir de l'état qui correspond à ce minimum, mais seulement en toute modification virtuelle où la forme des relations supplémentaires est respectée; en outre, la stabilité ne serait pas assurée par le critérium que nous venons d'énoncer si les mouvements réels du système ne sauvegardaient pas ces mêmes relations supplémentaires; il va sans dire, d'ailleurs, que l'Énergie utilisable dont il est question est celle qui découle de la forme particulière attribuée aux relations supplémentaires.

Supposons, par exemple, que la somme de l'Énergie interne et du potentiel externe ait une valeur minimum, non point parmi toutes les valeurs que cette somme peut prendre, mais parmi toutes celles qu'elle peut prendre sans qu'aucune des parties du système change d'Entropie; le système est assurément en équilibre stable s'il n'est capable que de modifications isentropiques; mais la stabilité n'est plus assurée si le système peut prendre des mouvements qui ne soient pas isentropiques, par exemple des mouvements isothermiques; la *stabilité isentropique* de l'équilibre n'entraîne pas la *stabilité isothermique*. Si l'on veut assurer la stabilité isothermique de l'équilibre, on ne doit plus chercher à rendre minimum la somme de l'Énergie interne et du Potentiel externe, mais le *Potentiel total*, c'est-à-dire la somme du Potentiel interne et du Potentiel externe; et ce Potentiel total, on le doit rendre minimum non pas pour toute modification virtuelle imposée au système, mais pour toute modification virtuelle qui n'altère pas la température.

Un système, avons-nous dit, que l'on place dans un certain état d'équilibre, peut s'y trouver en équilibre stable si les modifications isentropiques lui sont seules permises, tandis que son équilibre perdrait peut-être toute stabilité si l'on cessait de prohiber les mouvements isothermiques. Au contraire, en un état d'équilibre où la stabilité isothermique est assurée, la stabilité isentropique l'est également[1].

La démonstration de cette proposition nécessite que l'on fasse appel à une hypothèse qui doit être regardée comme un des principes fondamentaux de la Thermodynamique; nous avons proposé de nommer cette hypothèse le *Postulat de Helmholtz*, car Helmholtz l'a énoncée[2] explicitement, sans toutefois la regarder comme un principe distinct.

Imaginons que l'état d'un système dont tous les points sont à la même température soit défini par la valeur absolue de cette température et par un certain nombre d'autres variables normales; imaginons aussi qu'en gardant sa valeur à chacune de celles-ci, nous donnions à la température absolue un accroissement infiniment petit; le système absorbe une quantité de chaleur infiniment petite; le rapport de la quantité de chaleur absorbée à l'accroissement de la température est une grandeur dont la valeur ne dépend que de l'état du système; c'est la *capacité calorifique normale* de ce système.

Pour tout système, la capacité calorifique est positive; tel est le postulat de Helmholtz.

Ce postulat, dégagé de sa forme algébrique, prend un sens concret très simple et très saisissant. Visiblement, on peut l'énoncer ainsi : Pour élever la température d'un système, pour l'*échauffer*, sans lui faire éprouver aucun autre changement

[1] Voir : *La Mécanique analytique*, II (*Revue gén. des Sciences*, 14e année, p. 124; 15 février 1902).

[1] P. Duhem : *Commentaire aux Principes de la Thermodynamique*, 3e partie : Les équations générales de la Thermodynamique, chapitre IV (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. X, p. 262; 1894). — *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, livre I, t. I, chapitre X, p. 163; Paris, 1897.

[2] Helmholtz : Zur Thermodynamik chemischer Vorgänge, I (*Sitzungsberichte der Berliner Akademie*, 1882, 1er semestre, p. 12 et p. 19. — *Abhandlungen*, Bd. II, pp. 969 et 978).

d'état, il faut lui fournir de la chaleur, il faut le *chauffer*. Mis sous cette forme, le postulat de Helmholtz apparaît comme la justification des mots *quantité de chaleur*, employés pour désigner un symbole algébrique qui paraissait sans lien avec la notion de température, partant avec nos sensations de chaud et de froid.

Mais il ne faudrait pas se méprendre sur la portée du nouvel énoncé et croire qu'il confère au postulat de Helmholtz une évidence expérimentale; il renferme un membre de phrase obscur et ambigu : élever la température d'un système *sans lui faire éprouver aucun autre changement d'état* est une expression dont le sens change avec la nature des variables que l'on associe à la température pour déterminer l'état du système. Vraie lorsque ces variables sont des variables normales, la proposition pourrait ne plus l'être dans d'autres cas. En fait, l'étude de la vaporisation des liquides a introduit l'emploi de certaines variables non normales et la considération d'une certaine chaleur spécifique relative à ces variables, la *chaleur spécifique de la vapeur saturée*; or, dans certaines circonstances, la chaleur spécifique de la vapeur saturée peut être négative.

Le cas où le postulat de Helmholtz est sûrement vrai se distingue des autres cas par un caractère très précis; dans le premier cas, un changement de température sans changement d'état n'entraîne aucun travail des actions extérieures; il n'en est pas de même dans les autres cas; on peut donc préciser de la manière suivante l'énoncé concret de ce postulat : Pour élever la température d'un système sans produire ni changement d'état, *ni travail externe*, il faut lui fournir de la chaleur; il faut lui en enlever pour abaisser cette température.

C'est grâce au postulat de Helmholtz que, sur un système qui n'éprouve aucun changement d'état, qui ne donne lieu à aucun travail externe, et qui est enfermé dans une enceinte de température uniforme et invariable, la conductibilité et le rayonnement tendent à rendre la température partout égale à celle de l'enceinte; par cette conséquence, le postulat de Helmholtz se rattache aux idées de Sadi Carnot et de Clausius.

Au lieu d'échauffer, sans lui faire subir aucun autre changement d'état, un système défini par des variables normales, on peut l'échauffer en maintenant invariables les actions extérieures qu'il subit; on est alors conduit à considérer la *capacité calorifique sous actions constantes*; si les conditions de stabilité isothermique sont remplies, la capacité calorifique sous actions constantes est supérieure à la capacité calorifique normale; elle est donc positive. Par exemple, la chaleur spécifique sous pression constante d'un gaz est plus grande que la chaleur spécifique à densité constante, ainsi que l'avaient déjà reconnu Laplace et Poisson.

L'étude de la stabilité isentropique, de ses relations avec la stabilité isothermique, conduit encore à bien des remarques intéressantes; pour les passer en revue, il faudrait trop de place; omettons-les donc, afin de nous arrêter aux principales conséquences du critérium de stabilité isothermique.

La Mécanique nouvelle étend à de nouveaux domaines l'application de la proposition de Lagrange et de Lejeune-Dirichlet, et cette extension est immense.

L'ancienne Mécanique pouvait légitimement tirer de cette proposition les conditions qui suffisent à assurer l'équilibre stable d'un liquide incompressible ou bien encore d'un solide flottant à la surface d'un tel liquide. Dans le cas où les forces extérieures se réduisent à la pesanteur, le premier problème n'offre aucune difficulté; le second a été résolu par Bravais et par M. Guyou. Mais l'étude des fluides compressibles excédait la portée des méthodes classiques. La nouvelle Mécanique, au contraire, peut donner les conditions qui suffisent à assurer la stabilité isothermique de l'équilibre pour un fluide compressible dont les éléments n'agissent pas les uns sur les autres, que ce fluide existe seul ou qu'il porte un flotteur solide[1].

Les problèmes divers que soulève l'étude de l'électricité et du magnétisme offrent également de nombreuses occasions d'appliquer les nouvelles méthodes; citons-en quelques-unes.

Une masse de fer doux, placée dans un champ magnétique et privée de tout support et de tout appui, peut-elle demeurer en équilibre? Selon une ancienne légende, le cercueil de Mahomet demeurerait ainsi, flottant en l'air, en une mosquée de Médine. Si la distribution du magnétisme est stable sur la masse de fer doux, maintenue immobile, l'équilibre de cette masse devient forcément instable lorsqu'on lui restitue la faculté de se mouvoir en tout sens[2]; le moindre souffle suffirait à précipiter le cercueil de Mahomet sur le sol ou vers l'un des aimants qui l'attirent.

Faraday a expliqué les phénomènes présentés par les corps diamagnétiques, tels que le bismuth, en supposant que ces corps avaient un coefficient d'aimantation négatif. Or, sur de tels corps, la

[1] P. Duhem : *Hydrodynamique, Élasticité, Acoustique*, livre II, t. I, chapitre II, p. 80; Paris, 1891. — Sur la stabilité de l'équilibre des corps flottants (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, t. I, p. 91; 1895). — Sur la stabilité d'un navire qui porte du lest liquide (*Ibid.*, t. II, p. 23; 1896). — Sur la stabilité de l'équilibre d'un corps flottant à la surface d'un liquide compressible (*Ibid.*, t. III, p. 151; 1897).

[2] P. Duhem : *Théorie nouvelle de l'aimantation par influence fondée sur la Thermodynamique*, chapitre IV, § 2; Paris, 1888. — *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. II, p. 215; Paris, 1892.

distribution magnétique ne posséderait pas la stabilité isothermique. Ce résultat, obtenu par Beltrami et par nous[1] à la suite de recherches simultanées et indépendantes, entraîne le rejet de l'hypothèse formulée par Faraday; presque forcément, elle conduit à accepter une autre hypothèse qu'avait émise Edmond Becquerel; l'éther du vide serait magnétique et les corps diamagnétiques seraient simplement des corps moins magnétiques que l'éther; de là, on peut, par voie d'analogie, tirer un précieux argument en faveur des théories électriques de Maxwell et de Helmholtz, qui attribuent à l'éther un pouvoir diélectrique.

C'est dans le domaine de la Mécanique chimique, si peu accessible aux théories de l'Ancienne Mécanique, que les méthodes nouvelles et, en particulier, la théorie de la stabilité isothermique, donnent leurs conséquences les plus fécondes. L'étude de la stabilité de l'équilibre apparaît comme le complément indispensable de la Statique; touchant cette étude, M. Gibbs avait donné quelques indications; elle a pris aujourd'hui de grands développements.

De ces développements, voici quel est le point de départ :

Plusieurs fluides sont mélangés entre eux, mais incapables d'exercer les uns sur les autres aucune réaction chimique; leurs éléments n'agissent pas les uns sur les autres; ils sont soustraits à toute action extérieure, sauf à celle d'une pression normale, uniforme et constante. L'homogénéité caractérise évidemment l'état d'équilibre d'un tel mélange. Cet état d'équilibre possède-t-il la stabilité isothermique? Il la possède sûrement moyennant certaines conditions que l'on forme aisément.

Ces conditions obtenues, admettons qu'elles soient vérifiées par les divers mélanges qui forment un système chimique; admettons, en d'autres termes, que chacun de ces mélanges serait capable d'un état d'équilibre doué de stabilité isothermique si l'on privait d'activité chimique les divers corps qui le composent. Si nous rendons alors à ces corps la faculté de donner lieu à des réactions, nous pourrons énoncer[2] les propositions suivantes :

Que le système chimique soit maintenu sous une pression invariable ou qu'il soit enfermé dans un récipient de volume invariable, en aucun cas, il ne peut présenter d'équilibre isothermique instable; tous les équilibres chimiques atteints dans ces conditions sont stables ou indifférents.

L'indifférence isothermique sous pression constante caractérise les états d'équilibre de toute une catégorie de systèmes chimiques, de ceux où le nombre des *phases* surpasse le nombre des *composants indépendants*. La stabilité isothermique, au contraire, est la règle générale lorsque le nombre des phases est au plus égal au nombre des composants indépendants.

Toutefois, si la stabilité isothermique est alors la règle, cette règle souffre des exceptions. Les systèmes où le nombre des composants indépendants est égal au nombre des phases peuvent présenter des états d'équilibre qui sont indifférents si l'on maintient invariables la température et la pression; et ces *états indifférents*, par cela même qu'ils sont exceptionnels, excitent à un haut degré l'intérêt du physicien; des théorèmes d'une grande importance, découverts par M. Gibbs et retrouvés par M. Konovalow, les caractérisent.

Aussi les plus simples de ces états indifférents ont-ils été, tout d'abord, signalés par des expérimentateurs, M. Bakhuis Roozeboom et M. Guthrie; ils se produisent lorsqu'un hydrate d'une certaine substance se trouve en présence d'une solution aqueuse de cette substance et que la solution a exactement même composition que l'hydrate. Des états indifférents plus compliqués ont été soit observés par les chimistes, soit prévus par les théoriciens, notamment par M. Paul Saurel[1].

Les systèmes dont les états d'équilibre possèdent la stabilité isothermique sont soumis à des lois qui fournissent à l'expérimentateur des indications qualitatives extrêmement précieuses; nous voulons parler des lois relatives au *déplacement de l'équilibre*.

Parmi les diverses lois que l'on peut ranger sous ce nom, nous en choisirons deux qui sont, en Mécanique chimique, d'une importance considérable : La loi du *déplacement isothermique par variation de la pression* et la loi du *déplacement par variation de la température*. Ces deux lois ont été formulées en 1884, celle-ci par M. J. H. van't Hoff, celle-là par M. H. Le Chatelier; mais, seule, la Mécanique fondée sur la Thermodynamique a permis de les relier rigoureusement à la notion de stabilité et même de les énoncer d'une manière entièrement correcte[2].

[1] E. Beltrami : Note fisico-matematiche (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. III, séance du 10 mars 1889). — P. Duhem : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CV, p. 798; 1887; — t. CVI, p. 736; 1888; — t. CVIII, p. 1042; 20 mai 1889. — Des corps diamagnétiques (*Travaux et Mémoires des Facultés de Lille*; 1889). — *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. II, p. 221; Paris, 1892.

[2] P. Duhem : On the general Problem of the chemical Statics (*Journal of physical Chemistry*, vol. II, p. 1 et p. 19; 1898). — *Traité élémentaire de Mécanique chimique, fondée sur la Thermodynamique*, livre IX, t. IV, chapitres I et III, pp. 281 et 346; Paris, 1899.

[1] Paul Saurel : *Sur l'équilibre des systèmes chimiques* (Thèse de Bordeaux, 1900).

[2] P. Duhem : Sur le déplacement de l'équilibre (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. IV, N, 1890). — Sur le déplacement de l'équilibre (*Annales de l'École Normale Supérieure*, 3e série, t. IX, p. 375; 1892). — *Commentaire*

Un système chimique est en équilibre et cet équilibre serait stable si l'on maintenait invariables la température et la pression.

Sans charger la température, on donne à la pression un accroissement infiniment petit, puis on la fixe dans sa nouvelle valeur. L'équilibre du système est troublé; après un certain laps de temps, un nouvel état d'équilibre s'établit, infiniment voisin du premier; de quelle nature est la réaction chimique que le système doit éprouver pour passer du premier état d'équilibre au second? La réponse à cette question est fort simple. La réaction dant il s'agit doit présenter le caractère que voici : Accomplie sous la pression primitive et à la température primitive, maintenues toutes deux invariables, elle ferait décroître le volume du système.

Ainsi, la décomposition du gaz chlorhydrique par l'oxygène donne de la vapeur d'eau et du chlore; accomplie à température constante et sous pression constante, cette réaction est accompagnée d'une diminution de volume. A une température déterminée et sous une pression déterminée, il s'établit entre les quatre gaz un état d'équilibre stable; un accroissement de pression sans variation de température détermine la production d'un autre état d'équilibre stable; du premier état au second, on devra passer en décomposant par l'oxygène une certaine quantité de gaz chlorhydrique. Donc, à une température donnée, le mélange sera d'autant plus riche en chlore que la pression aura une plus grande valeur.

Cet exemple montre à la fois combien sont importantes, et combien aisées à déduire, les propositions relatives au déplacement de l'équilibre par variation de pression. La loi du déplacement de l'équilibre par variation de la température entraîne des conséquences autrement graves et jette une lumière autrement vive sur l'ensemble de la Statique chimique.

Un système est en équilibre à une température déterminée et, par exemple, sous une pression déterminée. Si l'on maintenait invariables la température et la pression, cet équilibre serait stable. Sans changer la pression, on donne à la température un accroissement infiniment petit; le système éprouve une transformation qui le conduit à un nouvel état d'équilibre. Que savons-nous de cette transformation? Ceci : accomplie sous la pression initiale et à la température initiale, elle absorberait de la chaleur.

aux principes de la Thermodynamique, 3e partie : Les équations générales de la Thermodynamique, chapitre IV (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. X, p. 262; 1894). — *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, livre I, tome I; chapitres VIII à XI; Paris, 1897.

Un mélange d'oxygène, d'hydrogène, de vapeur d'eau, soumis à une pression déterminée, telle que la pression atmosphérique, est en équilibre stable à une température déterminée; la composition de ce mélange se trouve également déterminée. Élevons quelque peu la température, tout en maintenant le mélange sous la pression atmosphérique; la composition du mélange en équilibre va changer; la réaction qui produit ce changement devrait absorber de la chaleur si elle était accomplie à température constante et sous pression constante; elle consiste donc en la destruction d'une certaine quantité de vapeur d'eau, puisque la vapeur d'eau est un composé exothermique. Ainsi, sous une pression invariable, la vapeur d'eau subit une dissociation d'autant plus complète que la température est plus élevée.

Le principe du déplacement de l'équilibre par variation de la température nous montrerait de même qu'un composé endothermique, chauffé sous pression constante, est d'autant moins décomposé que la température est plus élevée.

Ces propositions résolvent un des problèmes les plus importants et les plus débattus de la Chimie.

En effet, depuis la fin du XVIIIe siècle, les chimistes ont tenté d'opposer les unes aux autres, autrement que par le signe de la quantité de chaleur mise en jeu, les *réactions exothermiques* et les *réactions endothermiques*.

Ils ont pensé, d'abord, que toute combinaison était exothermique, que toute décomposition était endothermique. En découvrant des composés endothermiques, P. A. Favre a donné le coup de grâce à cette théorie.

Alors l'hypothèse thermochimique, formulée par M. J. Thomsen, vit dans les composés exothermiques ceux qui peuvent se former directement au moyen de leurs éléments, dans les composés endothermiques ceux qui peuvent se décomposer spontanément. De cette hypothèse, longtemps triomphante, l'expérience a fait justice.

Voici que la Mécanique générale, fondée sur la Thermodynamique, nous présente sous un nouvel aspect l'opposition entre les combinaisons exothermiques et les combinaisons endothermiques; tandis qu'une élévation de température détermine la destruction des premières, elle favorise la formation des secondes.

Cette opposition nouvelle, qui rend si bien compte des dissociations et des synthèses produites aux très hautes températures par H. Sainte-Claire Deville, par Debray, par MM. Troost et Hautefeuille, avait été aperçue par Lavoisier et Laplace[1] et

[1] LAVOISIER et DE LAPLACE : Mémoire sur la chaleur, lu à l'Académie des Sciences, le 18 juin 1783 (*Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1780*, pp. 387-388).

presque aussitôt oubliée. Les progrès de la Thermodynamique la ramenèrent au jour il y a un quart de siècle; ils la découvrirent tout d'abord pour les systèmes en équilibre indifférent; impliquée dans les constructions géométriques de Gibbs[1], mais sans qu'aucun énoncé la signalât à l'attention des chimistes, elle fut formulée par J. Moutier[2] dans une Note de quelques pages, qui, comme un éclair de génie, creva les nuées de la Thermochimie; M. J. H. van't Hoff[3] l'étendit ensuite aux équilibres chimiques qui sont stables.

Ainsi, les lois qui régissent le déplacement de l'équilibre ont changé la face de la Mécanique chimique; leur portée, d'ailleurs, ne s'arrête pas aux confins de ce domaine pourtant bien vaste; si le temps ne nous manquait pour en suivre les transformations et les conséquences, nous les verrions rendre de signalés services dans l'étude de l'élasticité, de l'électricité, du magnétisme; mais nous en avons assez dit pour permettre au lecteur de juger la fécondité du théorème de Lagrange et de Lejeune-Dirichlet, étendu par la Mécanique nouvelle.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux

SUR LES β-DICÉTONES[4]

On sait que l'on donne le nom général de « Dicétones » à toute une catégorie de composés caractérisés par la présence, dans la molécule, de deux groupements fonctionnels cétoniques CO. La situation variable de ces deux carbonyles, l'un par rapport à l'autre, en donnant à ces composés des propriétés souvent très différentes, permet de les diviser en classes bien distinctes. Tandis que, dans les α-dicétones, appelées aussi « dicétones 1-2 », ces deux groupements sont contigus, dans les β-dicétones, ou dicétones 1-3, ils sont séparés par un atome de carbone, les deux valences libres de ce carbone étant satisfaites soit par de l'hydrogène, soit par tout autre radical. Si l'on augmente encore le nombre des atomes de carbone intermédiaires, on obtient les γ, δ, etc., dicétones.

Le groupe des β-dicétones a été particulièrement étudié dans ces dernières années et présente un grand intérêt en raison des nombreuses synthèses qu'il a permis de réaliser en Chimie organique. Aussi me suis-je proposé de montrer aujourd'hui toute l'importance de ces composés, en étudiant leurs modes de préparation, les réactions générales et les synthèses auxquelles ils peuvent se prêter.

I. — Classification.

Si l'on parcourt l'histoire des β-dicétones et que l'on examine leurs modes de formation, on constate que l'on peut les diviser en quatre catégories bien distinctes.

§ 1. — β-Dicétones à chaînes ouvertes.

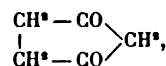
Une première catégorie comprend toutes les β-dicétones qui ont une chaîne ouverte. Elles sont représentées par la formule générale :



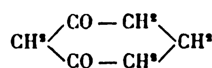
R et R′ étant des restes de carbures. Ce groupe renferme aussi les β-dicétones qui dérivent des précédentes par substitution de radicaux alcooliques à l'hydrogène du CH^2 négatif. Les termes les plus simples sont l'acétylacétone CH^3 — CO — CH^2 — CO — CH^3, découverte par M. A. Combes en 1886, pour la série grasse, et la benzoylacétone C^6H^5 — CO — CH^2 — CO — CH^3, pour la série aromatique. Cette dernière dicétone est due à MM. Fischer et Kützel et date de 1883.

§ 2. — β-Dicétones cycliques.

Nous rencontrons ensuite des composés qui ne possèdent plus une chaîne linéaire, mais pour lesquels les deux CO sont renfermés dans le noyau. Tel est le 1-3-dicéto-pentaméthylène :



qui n'est pas connu, mais dont M. Hantzsch a décrit plusieurs dérivés, obtenus par substitution de un ou plusieurs atomes de Cl ou hydroxyles à autant d'atomes d'hydrogène dans le noyau. Telle est surtout la dihydrorésorcine :



ou dicétohexaméthylène.

[1] J. Willard Gibbs : On the Equilibrium of heterogeneous Substances (*Transactions of the Academy of Connecticut*, vol. III, p. 181, janvier 1876.) — *Equilibre des systèmes chimiques*, p. 110; Paris, 1899.

[2] J. Moutier : Sur les transformations non réversibles (*Bulletin de la Société Philomathique*, 3e série, t. I, p. 39; 1877.)

[3] J. van't Hoff : *Etudes de Dynamique chimique*, p. 161; Amsterdam, 1884.

[4] Conférence faite au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne sous les auspices de M. le Professeur Haller.

§ 3. — β-Dicétones mixtes.

Il existe, enfin, des composés qui, participant à la fois des deux catégories précédentes, ont l'un des CO dans le noyau et l'autre dans une chaîne latérale. Ce groupe comprend : 1° les dicétones pentagonales obtenues par M. von Baeyer en partant des acides cétoniques de la menthone et de la tétrahydrocarvone; 2° les dicétones hexagonales préparées par M. Leser, les méthyl- et diméthyl-acétylcyclohexanones, qui nous étudierons plus loin.

§ 4. — Composés divers à fonctions β-dicétoniques.

A côté de ces dicétones proprement dites, nous trouvons toute une classe de composés β-dicétoniques qui répondent encore à la formule générale



$$R - CO - CX^2 - CO - R',$$

mais dans lesquels R, R′ et X sont quelconques. Les corps obtenus présentent encore les caractères particuliers aux β-dicétones, mais ils peuvent varier beaucoup entre eux par leurs autres propriétés, propriétés inhérentes aux diverses fonctions introduites dans la molécule. Tels sont, parmi ces composés, les éthers diacétylacétiques, les éthers β-β-diacétylpropioniques, γ-γ-diacétylbutyriques, etc..., dont j'ai fait la synthèse au moyen de l'acétylacétone sodée et des éthers monohalogénés des acides gras[1], les éthers propionyl-, butyryl-, etc., -acétylacétiques de MM. Bouveault et Bongert, les éthers acétyl- et benzoylpyruviques, $CH^3 - CO - CH^2 - CO - COOR$ et $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - COOR$, et mésityl-oxydoxaliques $(CH^3)^2 = C = CH - CO - CH^2 - CO - COOR$.

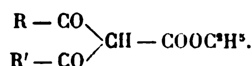
II. — Modes de préparation.

Les modes de préparation de ces composés diffèrent suivant le groupe auquel on s'adresse.

§ 1. — Préparation des β-Dicétones à chaînes ouvertes.

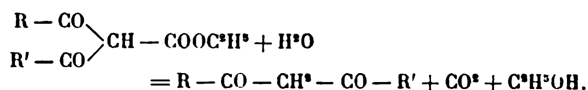
Les β-dicétones de formule $R - CO - CH^2 - CO - R'$ s'obtiennent par de nombreux procédés que je vais signaler dans l'ordre de leur découverte.

1. *Saponification des éthers acétylacétiques et benzoylacétiques substitués.* — Ces éthers β-dicétoniques, que nous étudierons plus loin, répondent à la formule générale :



$$\begin{matrix} R - CO \\ R' - CO \end{matrix} > CH - COOC^2H^5.$$

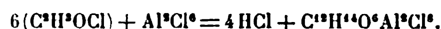
Il suffit de les chauffer avec de l'eau pour leur enlever avec beaucoup de facilité le groupement $COOC^2H^5$ et former une β-dicétone en le remplaçant par un atome d'hydrogène. La réaction se passe suivant l'équation :



$$\begin{matrix} R - CO \\ R' - CO \end{matrix} > CH - COOC^2H^5 + H^2O = R - CO - CH^2 - CO - R' + CO^2 + C^2H^5OH.$$

Ce procédé a fourni en 1883 à MM. Fischer et Küzel la première β-dicétone, l'o-nitrocinnamylacétone $AzO^2 - C^6H^4 - CH = CH - CO - CH^2 - CO - CH^3$. Il a été, depuis, de plus en plus généralisé : MM. Fischer et Bülow ont ainsi préparé la benzoylacétone, la phénylacétylacétone $C^6H^5 - CH^2 - CO - CH^2 - CO - CH^3$; M. Gevekoht, l'o-nitrobenzoylacétone; MM. Perkin jun. et von Baeyer, le dibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$. Dernièrement, enfin, MM. Bouveault et Bongert ont obtenu de nouveaux éthers acétylacétiques substitués qui les ont conduits aux isobutyryl-, butyryl-, isovaléryl-, etc., -acétones.

2. *Action du chlorure d'acétyle sur le chlorure d'aluminium en présence de chloroforme.* — La réaction précédente n'a cependant pas pu fournir le premier terme de la série, l'acétylacétone. Cette dicétone a été obtenue par M. A. Combes par l'action du chlorure d'acétyle sur le chlorure d'aluminium en présence de chloroforme. $AlCl^3$ réagissant sur le chlorure d'acide fournit un composé organométallique suivant l'équation :



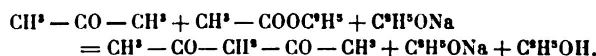
$$6(C^2H^3OCl) + Al^2Cl^6 = 4HCl + C^{12}H^{14}O^6Al^2Cl^8.$$

Ce dernier est décomposé par l'eau avec dégagement de CO^2 et formation d'acétylacétone :



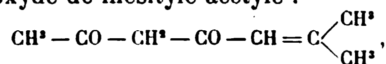
$$C^{12}H^{14}O^6Al^2Cl^8 + 8H^2O = 2(C^5H^8O^2) + 2CO^2 + Al^2(OH)^6 + 8HCl.$$

3. *Procédé de Claisen et Ehrhardt.* — Ce procédé, qui date de 1889, consiste à condenser une cétone convenablement choisie avec un éther-sel au moyen du sodium ou de l'éthylate de sodium. Avec l'acétone et l'éther acétique, par exemple, la réaction est la suivante :



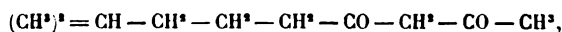
$$CH^3 - CO - CH^3 + CH^3 - COOC^2H^5 + C^2H^5ONa = CH^3 - CO - CH^2 - CO - CH^3 + C^2H^5ONa + C^2H^5OH.$$

Ce procédé est général et a permis la synthèse d'un très grand nombre de β-dicétones. Parmi les nouvelles dicétones obtenues de cette façon, il faut citer : l'oxyde de mésityle acétylé :



$$CH^3 - CO - CH^2 - CO - CH = C\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix},$$

les propionyl- et heptoyl-acétylméthanes (Claisen et Ehrhardt), les propionyl-, butyryl-, valéryl-acétophénones (Claisen et Stylos), l'acétylméthylheptanone



$$(CH^3)^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CO - CH^3,$$

et l'octène-dione-5-7 (Leser) :



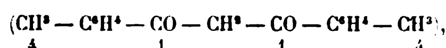
$$CH^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CO - CH^3,$$

[1] March : *Ann. Phys. et Chimie*, 1er juillet 1902.

l'acétylméthylhepténone (Barbier et Leser) :



4. *Action du chlorure de malonyle sur les carbures benzéniques en présence de* $AlCl^3$. — Ce procédé a fourni à MM. Béhal et Auger des β-dicétones particulières dans lesquelles le groupement — CO — CH² — CO — relie deux noyaux aromatiques. Ce sont : le ditoluylméthane :



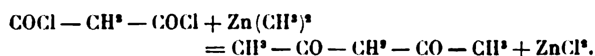
les diéthoxybenzoyl-, dixyloyl—, diparamésitoylméthanes.

Le chlorure d'aluminium réagit énergiquement sur le mélange de carbure et du chlorure de malonyle. Ce dernier forme avec $AlCl^3$ une combinaison qui réagit sur le carbure aromatique. La réaction a lieu suivant l'équation :



Notons qu'il se produit également, à côté de la dicétone, une monocétone du type R — CO — CH^3.

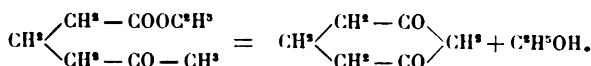
5. *Action du chlorure de malonyle sur les dérivés organométalliques du zinc.* — Le chlorure de malonyle réagit aussi sur les dérivés organométalliques du zinc en présence d'éther pour fournir des β-dicétones, mais en très petite quantité (Béhal et Auger). La réaction est exprimée par l'équation suivante :



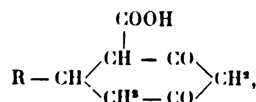
6. *Hydratation des carbures acétyléniques.* — Enfin l'hydratation, au moyen de l'acide sulfurique dilué, de certains carbures acétyléniques a conduit également à de nouvelles dicétones. M. Griner a observé le premier la formation d'une β-dicétone par ce procédé et a obtenu l'acétylpropionylméthane $CH^3 — CO — CH^2 — CO — C^2H^5$ par l'hydratation du diméthyldiacétylène $CH^3 — C \equiv C — C \equiv C — CH^3$. L'acétylœnanthylidène $CH^3 — CO — C \equiv C — C^5H^{11}$ est transformé de même en caproylacétone ou acétylcaproylméthane $CH^3 — CO — CH^2 — CO — C^5H^{11}$. Le benzoylcaproylméthane se produit également ainsi (Moureu et Delange).

§ 2. — **Préparation des β-Dicétones cycliques.**

Parmi les dicétones de ce groupe, la dihydrorésorcine seule présente de l'intérêt. On l'obtient par la réduction de la résorcine au moyen de l'amalgame de sodium (Merling). Sa synthèse a été effectuée par M. Vorlaender en traitant l'éther éthylique de l'acide γ-acétylbutyrique par l'éthylate de sodium :



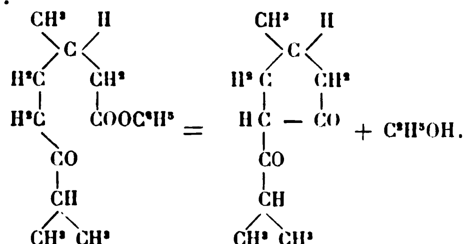
Quant à ses dérivés alcoylés, on les obtient par saponification des éthers dihydrorésorcyliques correspondants. Ces derniers, de formule



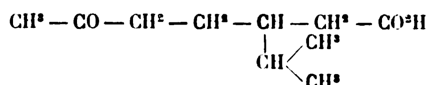
sont eux-mêmes préparés par l'union des éthers maloniques avec les cétones non saturées en présence d'éthylate de sodium.

§ 3. — **Préparation des β-Dicétones mixtes.**

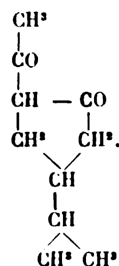
Les dicétones pentagonales de MM. Baeyer et Oehler s'obtiennent par les réactions de Claisen et de Dieckmann. C'est ainsi que le sodium réagit sur l'éther éthylique de l'acide 2-6-diméthyloctan-3-onoïque (menthoxylique) pour donner la 1-méthyl-4-isobutyrylcyclopentan-3-one. La chaîne se ferme avec départ d'une molécule d'alcool suivant l'équation :



L'acide 5-isopropylhepton-2-oïque :

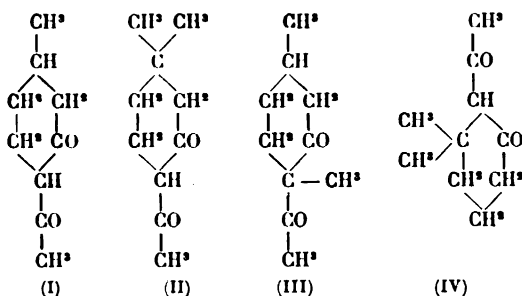


fournit de même la 1-acétyl-4-isopropylpentan-2-one :



Quant aux dicétones hexagonales, elles sont également peu nombreuses et sont dues à M. Leser. Les unes ont été préparées au moyen de la méthode de Claisen. Ce sont la 1-méthyl-4-acétyl-3-cyclohexanone (I), obtenue avec la méthylcyclohexanone, et la 1-1-diméthyl-4-acétyl-3-cyclohexanone (II), fournie par la 1-1-diméthylcyclohexanone-3. La 1-4-diméthyl-4-acétyl-3-cyclohexanone (III) résulte de l'action de l'iodure de méthyle sur le dérivé sodé de la première de ces dicétones. Enfin, la 1-1-dimé-

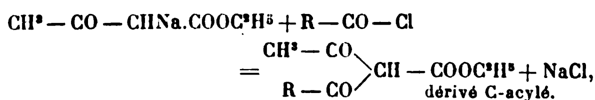
thyl-2-acétyl-3-cyclohexanone (IV) s'obtient par transformation isomérique, au moyen de SO^4H^2 à 80 °/₀, de l'acétylméthylhepténone. Voici les formules de ces divers composés :



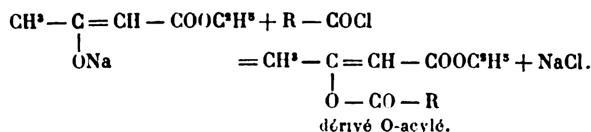
§ 4. — **Préparation des éthers-β-Dicétoniques.**

Les composés les plus importants de ce groupe et les seuls que j'étudierai sont des éthers.

1. *Action des chlorures d'acides sur l'éther acétylacétique sodé ou ses homologues.* — Certains d'entre eux prennent naissance dans l'action des chlorures d'acides sur l'éther acétylacétique sodé ou ses homologues. Cette réaction donne lieu à la production de deux composés isomères, l'un soluble dans la soude, l'autre insoluble. Le composé soluble dans les alcalis est le dérivé C-*acylé*, ainsi nommé parce que l'union du radical CH^3 — CO se fait par le carbone du CH^2 négatif, ce qui le différencie du dérivé O-*acylé* dans lequel le radical CH^3 — CO est uni à l'oxygène du groupement CO. Le dérivé C-acylé seul nous intéresse ici. On peut le séparer aujourd'hui facilement de son isomère grâce aux recherches de MM. Bouveault et Bongert en le dissolvant dans l'eau de baryte ou, mieux, dans une solution saturée de carbonate de soude. Lorsqu'on emploie des chlorures d'acides à poids moléculaires élevés, il vaut mieux employer une solution de soude à 8 °/₀. Dans ces conditions, le dérivé O-acylé est insoluble. La réaction peut s'exprimer dans les deux cas de la façon suivante :

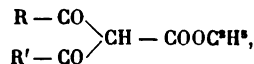


ou bien :

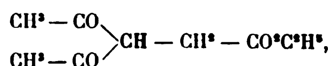


Ce procédé, qui avait fourni à M. Elion et à M. James l'éther diacétylacétique, a amené MM. Bouveault et Bongert à la préparation des éthers C-butyryl-, C-isovaléryl-, etc., acétylacétiques, et nous avons vu que la saponification par l'eau de ces éthers constitue un procédé général de synthèse des β-dicétones. On obtient de même les différents éthers benzoylacétiques.

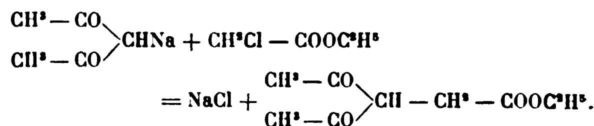
2. *Action des éthers monohalogénés sur l'acétylacétone sodée.* — Si la méthode précédente permet d'obtenir des éthers β-dicétoniques de formule générale :



elle ne fournit pas les homologues supérieurs de ces éthers. C'est ainsi, par exemple, que l'action du chlorure d'acétyle sur l'éther acétylacétique donne l'éther diacétylacétique ; pour avoir l'éther β-β-diacétylpropionique :



l'éther γ-γ-diacétylbutyrique, etc., il faut avoir recours à un autre procédé. C'est celui auquel m'ont conduit mes recherches sur l'action des éthers monohalogénés des acides gras sur l'acétylacétone sodée. Si l'on fait agir l'éther monochloracétique, par exemple, sur l'acétylacétone sodée, on observe la production de chlorure de sodium et d'un nouveau composé, formé d'après l'équation :



3. *Action des éthers oxaliques sur les cétones en présence du sodium.* — Quant aux éthers acétyl- ou benzoyl-pyruviques et mésityloxydoxaliques, on les obtient par condensation, au moyen du sodium, des éthers oxaliques avec l'acétone ou l'acétophénone pour les premiers, avec l'oxyde de mésityle pour les seconds.

III. — Propriétés générales des β-Dicétones.

Après avoir passé en revue les différents modes de préparation des β-dicétones, je me propose de faire l'étude des propriétés de ces composés. Je prendrai le plus souvent comme exemple l'acétylacétone, la plus simple et la plus facile à obtenir : aussi cette dicétone a-t-elle fait l'objet de très nombreux travaux qui ont établi nettement ses propriétés et celles du groupe entier des β-dicétones.

L'étude des réactions particulières aux β-dicétones nous montre tout d'abord que ces composés sont susceptibles de posséder deux formules : l'une, celle des dicétones proprement dites, contenant le groupement —CO—CH^2—CO—, et l'autre, énolique, représentée par le schéma — CO — CH = C(OH) —. L'une ou l'autre de ces formules l'emporte suivant

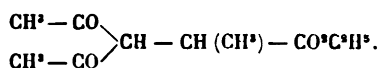
les conditions dans lesquelles l'on se place et les réactifs employés.

§ 1. — **Réfraction moléculaire.**

D'après M. Leser, « les β-dicétones saturées cycliques ou acycliques, avec les groupements CH dicétonique pour les premières et CH^2 pour les deuxièmes, ont une réfraction moléculaire égale à celle que l'on calcule pour la forme diénolique. Les dicétones dans lesquelles il n'y a plus d'hydrogène mobile revêtent la forme dicétonique vraie. Celles qui possèdent une liaison éthylénique de constitution (acétylméthylhepténone et octène-dione) ont une réfraction moléculaire sensiblement supérieure à celle que l'on calcule pour la forme diénolique.

« Pour les β-dicétones aromatiques qui renferment déjà trois liaisons éthyléniques du benzène, auxquelles viennent s'ajouter les liaisons dues à la forme tautomérique de la dicétone, la réfraction moléculaire observée s'écarte d'une façon tout à fait anormale. »

J'ai fait moi-même des déterminations de la réfraction moléculaire dans les composés que j'ai obtenus par l'action des éthers monohalogénés sur l'acétylacétone. Ces recherches montrent qu'un seul de ces composés, le β-β-diacétyl-α-méthyl-propionate d'éthyle, dont le caractère acide est diminué par la substitution méthyle CH^3 à l'hydrogène dans un chaînon voisin, correspond à la formule dicétonique :



Les éthers β-β-diacétylpropioniques ont une réfraction moléculaire comprise entre celles qui correspondent aux deux formules, mais plus rapprochée cependant de la forme dicétonique. Les éthers γ-γ-diacétylbutyriques, au contraire, ont une réfraction moléculaire plus voisine de la forme énolique.

§ 2. — **Production de dérivés métalliques.**

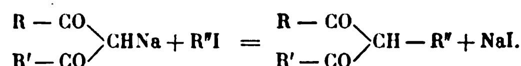
Les β-dicétones renfermant des radicaux négatifs en relation directe avec le méthylène CH^2 sont susceptibles d'échanger facilement de l'hydrogène contre un métal. De là, le caractère nettement acide que présentent ces composés.

C'est ainsi, par exemple, que l'acétylacétone agit directement sur les hydrates ou les carbonates en suspension dans l'eau, sur les sesquioxydes de Mn, Cr, Fe, Co, décompose les acétates et même des chlorures tels que ceux d'Al, de thorium, de fer, le tétrachlorure de titane, pour donner des acétylacétonates. On les obtient également par double décompositon entre un acétylacétonate alcalin et la dissolution d'un sel neutre. Ces composés sont particulièrement intéressants, car, en dehors des nombreuses synthèses qu'ils permettent de réaliser et que nous étudierons plus loin, ils sont en général volatils et certains d'entre eux ont permis, par la mesure de leur densité de vapeur, la détermination du poids atomique de certains métaux, le glucinium, par exemple.

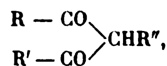
Les dérivés alcalins sont très solubles dans l'eau et déliquescents à l'air. Ceux de fer et de cuivre sont caractéristiques des β-dicétones. Celui de fer est d'un rouge vif ; quand on traite une β-dicétone par $FeCl^3$ en solution alcoolique, cette dernière prend, en effet, une coloration rouge sang très intense. Quant au dérivé cuivrique, il se précipite, à la condition qu'il reste un atome d'hydrogène remplaçable par le métal dans le chaînon CH^2 compris entre les deux carbonyles, si l'on traite une dicétone en solution alcoolique par l'acétate de cuivre. Les dérivés des dicétones proprement dites sont en général bleus; certains sont verts; ceux des éthers diacétylpropioniques et diacétylbutyriques sont gris. Ils sont insolubles dans l'eau, très peu solubles dans l'alcool, presque pas dans l'éther, mais beaucoup dans le chloroforme qui les abandonne cristallisés.

§ 3. — **Action des iodures alcooliques.**

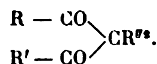
Lorsqu'on traite ces dérivés métalliques, particulièrement ceux de sodium, par les iodures alcooliques, ils font la double décomposition et l'on obtient de nouvelles β-dicétones dans lesquelles l'hydrogène du CH^2 négatif est remplacé, soit en partie, soit en totalité, par des radicaux alcooliques. Ce procédé a été indiqué par M. Combes en ce qui concerne les dérivés alcoylés de l'acétylacétone. La réaction qui leur donne naissance est d'abord :



Cette même réaction se répétant sur les dérivés



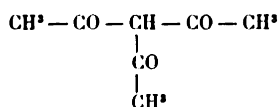
on obtient des composés de formule



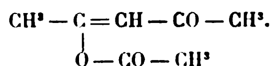
§ 4. — **Action des chlorures d'acides.**

L'action des chlorures d'acides a été particulièrement étudiée sur l'acétylacétone et la benzoylacétone sodées. Ces composés se conduisen comme les éthers acétylacétiques sodés en donnant naissance à deux dérivés, l'un neutre C-acylé et l'autre acide O-acylé. C'est ainsi, par exemple, que le chlorure d'acétyle fournit avec l'acétylacétone so-

dée, d'une part le composé neutre, le triacétylméthane :



et d'autre part le dérivé

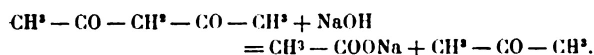


Nous voyons que le premier de ces composés correspond à la formule dicétonique vraie, tandis que le deuxième provient de la formule énolique; l'acétylacétone se comporte donc dans cette réaction comme un mélange du dérivé dicétonique et du dérivé énolique.

§ 5. — **Action des alcalis.**

Les β-dicétones subissent, sous l'influence des alcalis, un dédoublement qui donne naissance en même temps à une molécule de cétone et à une molécule d'acide.

C'est ainsi que, si l'on chauffe de l'acétylacétone avec de la soude concentrée, elle se rompt à l'endroit d'une fonction cétonique; le reste $CH^3 — CO$ fixe NaO en donnant de l'acétate de soude, tandis que l'atome d'hydrogène vient se fixer sur le reste $CH^3 — CO — CH^2$ pour saturer la valence libre :

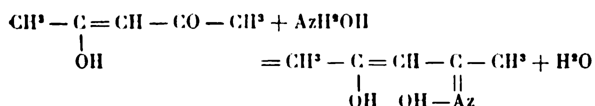


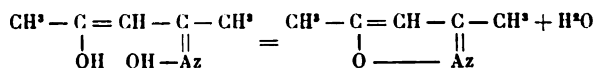
Quant aux éthers β-dicétoniques, ils se dédoublent de même en un acide et un éther cétonique. Nous avons vu plus haut que la saponification par l'eau fournit, au contraire, avec certains d'entre eux une β-dicétone.

§ 6. — **Action de l'hydroxylamine.**

L'hydroxylamine fournit avec les β-dicétones une réaction très intéressante et caractéristique de ces composés.

Faisons agir, par exemple, sur une molécule d'acétylacétone, une molécule d'hydroxylamine. Cette dernière agit d'abord comme avec une cétone ordinaire en se fixant sur l'un des groupements CO avec élimination d'une molécule d'eau. Mais cette monoxime ne peut pas être isolée, car il y a immédiatement élimination d'une seconde molécule d'eau et formation d'un dérivé particulier, un isoxazol. On peut expliquer cette élimination d'eau en supposant à l'acétylacétone la forme énolique, de sorte que la réaction se passe suivant les équations suivantes :





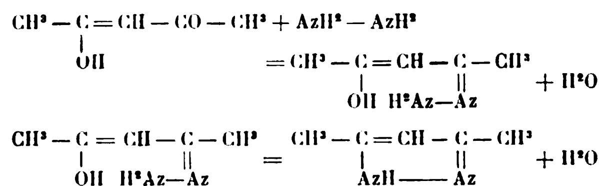
L'acétylacétone fournit ainsi le diméthyloxazol.

Si l'on fait agir, au contraire, deux molécules d'hydroxylamine sur une seule d'acétylacétone, cette dernière se comporte comme si elle avait la forme dicétonique et donne une dioxime.

Toutes les β-dicétones et les éthers β-dicétoniques se conduisent de même, à l'exception cependant des dicétones contenant les groupements CO dans le noyau, qui ne fournissent que des monoximes ou des dioximes.

§ 7. — **Action des hydrazines.**

La condensation des hydrazines (hydrazine, méthyl-et phényl-hydrazines) se fait également avec élimination de deux molécules d'eau et formation d'un pyrazol. Voici le mécanisme de la réaction pour l'acétylacétone et l'hydrazine :

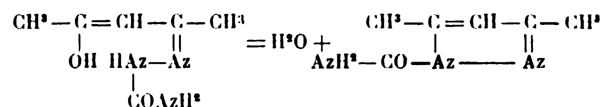


On obtient ainsi le 3-5-diméthylpyrazol (Roosengarten). La phénylhydrazine fournit de la même façon le 1-phényl-3-5-diméthylpyrazol (Combes).

L'étude des β-dicétones nous montre que tous ces composés (ou plutôt tous ceux pour lesquels la réaction a été effectuée) se conduisent de même. Il faut excepter également ici la dihydrorésorcine, qui donne avec la phénylhydrazine une mono- et une di-phénylhydrazone.

§ 8. — **Action de la semicarbazide.**

La semicarbazide est aussi un réactif très précieux pour les β-dicétones, car elle fournit avec facilité des composés très bien cristallisés. La réaction s'effectue dans les mêmes conditions qu'avec les hydrazines. Il y a formation d'un pyrazol-carbonamide avec élimination de deux molécules d'eau, comme l'a montré M. Bouveault pour l'acétylacétone :



Telles sont les réactions principales auxquelles se prêtent les β-dicétones, réactions qui permettent de caractériser ce groupe de composés. J'en passe qui présentent un intérêt beaucoup moins général pour arriver à l'étude des synthèses que l'on peut effectuer à l'aide de ces dicétones.

IV. — Synthèses effectuées avec les β-dicétones.

Nous diviserons cette étude en deux parties, suivant que ces synthèses sont effectuées avec les dicétones elles-mêmes ou bien avec leurs dérivés métalliques.

§ 1. — Synthèses au moyen des β-dicétones.

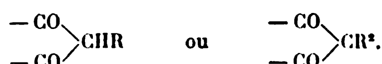
Je m'étendrai peu sur cette première partie. Nous avons vu plus haut comment les β-dicétones se condensent avec l'hydroxylamine, avec les hydrazines et la semicarbazide, pour donner soit les isoxazols 1-2, soit des pyrazols.

De nombreuses condensations ont été effectuées, particulièrement sur l'acétylacétone et la benzoylacétone. Je me bornerai à citer celles qui résultent de l'action de nombreuses diamines (quinoléines, etc.), des chlorhydrates des différentes amidines (pyrimidines), des aldéhydes, du mercaptan, des divers chlorures de soufre, de l'acide cyanhydrique, etc.

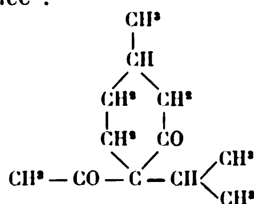
§ 2. — Synthèses au moyen des dérivés métalliques.

Les dérivés métalliques des β-dicétones donnent lieu à des synthèses beaucoup plus intéressantes. Les dérivés sodés ont été particulièrement utilisés dans ce but, en raison de la facilité avec laquelle ils réagissent sur les composés halogénés.

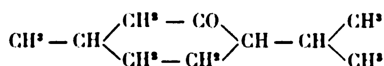
1. *Iodures alcooliques.* — Comme je l'ai montré précédemment, l'action des iodures alcooliques sur les dérivés sodés a fourni à M. Combes un procédé général de synthèse des β-dicétones substituées, de formule



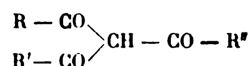
C'est en appliquant ce procédé à l'acétyl-4-méthyl-1-cyclohexanone-3 que M. Leser a été conduit tout récemment à la synthèse de la menthone. Le sel de K de cette dicétone réagit, en effet, avec l'iodure d'isopropyle et donne naissance à la dicétone isopropylée :



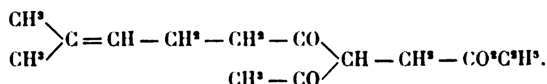
L'hydrolyse de cette dernière lui enlève $CH^3 — CO$ en le remplaçant par un atome d'hydrogène, ce qui fournit la menthone :



2. *Chlorures d'acides.* — Nous avons vu également que les chlorures d'acides conduisent, d'après les travaux de M. Nef, de MM. Claisen et Zedel, soit à des composés énoliques, soit à des composés neutres, des tricétones de formule

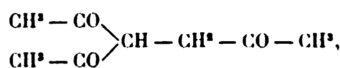


3. *Éthers monohalogénés.* — L'action des éthers monohalogénés de quelques acides de la série grasse, que j'ai étudiée, sur les bienveillants conseils de M. le Professeur Haller, particulièrement avec l'acétylacétone sodée, permet de préparer les éthers β-β-diacétylpropioniques, α-méthyl-β-β-diacétylpropioniques, γ-γ-diacétylbutyriques. J'ai fait remarquer que cette condensation ne s'effectue, et avec un rendement excellent, qu'en chauffant le mélange de l'éther halogéné avec le dérivé sodé au bain d'huile à 120°-130° jusqu'à réaction neutre. Si l'on opère dans les mêmes conditions qu'avec les éthers acétylacétiques, maloniques, etc., sodés, on n'obtient que les produits de dédoublement des composés cherchés. C'est ce qui s'est produit dans l'essai de condensation de l'acétylméthylhepténone avec l'éther monochloracétique, tenté par MM. Barbier et Leser. Ces auteurs n'ont pas pu isoler l'éther

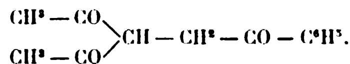


cherché.

4. *Cétones monohalogénées.* — Les cétones monohalogénées réagissent également avec l'acétylacétonate de sodium, et permettent la synthèse de tricétones d'un type nouveau, qui jouissent de la propriété de se comporter tantôt comme des dicétones β, tantôt comme des dicétones γ. J'ai préparé ainsi, avec la bromacétone, l'acétonylacétylacétone :

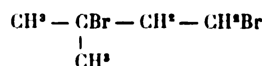


et, avec la bromacétophénone, la phénacylacétylacétone :



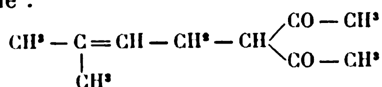
5. *Bromure d'amylène.* — L'action du bromure d'amylène sur l'acétylacétone sodée a conduit MM. Barbier et Bouveault à la synthèse intéressante de la méthylhepténone naturelle, et par suite à celle de l'acide géranique.

Le bromure d'amylène :

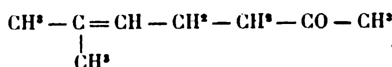


se condense avec l'acétylacétone sodée. Il y a éli-

mination de NaBr et d'une molécule d'acide bromhydrique. Le produit obtenu, l'isoamylène-acétylacétone :



perd CH^3 — CO par saponification, et donne la méthylhepténone :



Par ce rapide exposé de l'histoire des β-dicétones, j'espère avoir réussi à montrer l'importance du rôle qu'elles jouent en Chimie organique. L'étude de ces corps, qui ne s'est considérablement développée que depuis les travaux de M. A. Combes sur l'acétylacétone, est loin d'être achevée. Peut-être nous réserve-t-elle encore de nouvelles synthèses intéressantes.

François March,
Docteur ès sciences.

LES MAROCAINS ET LA SOCIÉTÉ MAROCAINE

QUATRIÈME PARTIE : LA SOCIÉTÉ[1]

I. — LES TRIBUS.

Parmi les tribus qui peuplent l'intérieur du Maroc, les unes sont sédentaires et les autres nomades : nous avons déjà donné à ce sujet quelques indications ; nous devons ajouter que, si beaucoup de tribus qui demeurent sous la tente méritent à peine l'épithète de nomades, cependant un certain nombre d'entre elles ont changé de territoire, en sorte que l'on doit soigneusement distinguer entre les noms des pays et ceux des tribus : par exemple, les Beni Mtîr ont jadis possédé le territoire des Beni Mguîld ; les Aït Atta s'étendaient autrefois dans le Sud beaucoup plus loin qu'aujourd'hui. Enfin, dans beaucoup de tribus, chaque famille possède à la fois une tente et un établissement sédentaire situé sur les pentes des montagnes ou dans les vallées. Les véritables pays de sédentaires sont le Rîf et la plus grande part des Jebâla, d'un côté, et, de l'autre, les pays situés sur les contreforts septentrionaux de l'Atlas, le Soûs et le Drâ. Les grandes tribus du Hoûz, Châouia, Rehâmna, Doukkâla, habitent sous la tente. L'orient et le midi des Brâber, la Dahra, les pays à l'est de la Moulouia, sauf le littoral, sont occupés par des nomades à grand parcours, Ida ou Blâl, Aït Atta, Aït Iafelman, Doui Menia, Beni Guîl, Mehâia, Angad, etc...

Les tribus marocaines sont les unes soumises, les autres indépendantes ; les premières sont dites *blad el makhzen* (pays du gouvernement) et les autres *blad es siba* (pays de l'insoumission) : le Rîf et les Jebâla presque entiers, tout le pâté des Brâber, la majeure partie du Sous, le Drâ, sont dans le blad es sîba. Le Tâfilelt reconnaît nominalement le souverain, puisqu'il est le berceau de la dynastie régnante ; mais, en fait, il est indépendant sous la domination d'un parent de Moûlaye Abdelazîz ; Figuig et Oujda sont ou vont devenir villes *makhzen* par les efforts que nous faisons pour y affermir la souveraineté du sultan. Le Hoûz et le Gherb sont les seules contrées qui soient entièrement soumises ; encore sont-ils séparés par le territoire des Zâïr et des Zemmoûr, populations absolument rebelles, et, d'autre part, les tribus insoumises s'avançent au sud de Tétouan et jusqu'auprès de Tanger. Les détails qui suivent se rapportent spécialement au blad es sîba, pays plus sauvages, qui ont mieux gardé leur primitive organisation sociale et que l'Islâm n'a pas encore complètement pénétrés, à telle enseigne que les Brâber, par exemple, ne reconnaissent pas encore le Coran comme loi civile intégrale et que, comme les Kabyles algériens, ils suivent la coutume ou *isserf* (Quedenfeldt), même quand elle est contraire aux prescriptions du Livre.

Chez toutes ces tribus, aucune autorité spéciale ne veille à la sécurité, et surtout ne s'immisce dans les querelles personnelles. En ce qui concerne le meurtre en particulier, c'est aux familles intéressées à venger elles-mêmes leurs victimes par l'exercice du droit de talion : c'est la *rekba* ou *thamegueret* de nos Kabyles, appelée encore *outila* au Maroc. Cette vendetta consiste à tuer un des membres de la famille du meurtrier qui, par son sexe, son âge, sa situation, soit considéré comme l'égal de la victime ; naturellement, une vendetta en appelle une autre : des fractions de tribus entières prennent fait et cause pour chacune des familles, et de véritables guerres naissent et s'éternisent ainsi. Pour ces motifs et pour d'autres, les tribus

[1] Voyez les trois premières parties de cet article dans la *Revue* du 28 février, p. 190, du 15 mars, p. 258, et du 30 mars, p. 314.
Voyez également sur le Maroc les articles de M. J. MACHAT et de M. AUG. BERNARD dans la *Revue* des 15 et 30 janvier et 15 février 1903.

du blad es siba sont en hostilités continuelles. Aussi ces populations sont-elles très belliqueuses; la lâcheté y est rare : pendant les combats, les femmes se tiennent en arrière et badigeonnent les fuyards de henné. Les femmes jouent du reste un rôle important dans ces batailles : chez les Brâber, des vieilles nues vont et viennent continuellement pendant l'action en agitant des drapeaux (Quedenfeldt). Chez eux aussi, on dit qu'un homme poursuivi par une vendetta peut cependant parcourir tout le pays sans danger s'il est accompagné de sa femme. Quedenfeldt explique cela en disant que celui qui se promène avec une femme est considéré comme si lâche qu'il ne peut être alors question de le tuer, mais cette explication ne tient pas debout; il est évident que nous avons là un autre exemple du respect superstitieux de la femme que nous avons signalé plus haut. De même, chez ces peuplades, celui qui, en danger de mort, cherche une protection, peut se sauver en demandant celle d'une femme, soit en égorgeant un animal devant elle, soit en entourant sa taille de ses bras ou en faisant le simulacre d'être allaité par elle. Dans ce cas, la famille de la femme prend fait et cause pour le fugitif : c'est l'*anaia* des femmes, bien connue en Kabylie et déjà signalée au XVI[e] siècle par Léon l'Africain. On peut encore, avec plus de sûreté peut-être aujourd'hui, prendre l'anaia d'un marabout par une *debîha*[1] ou celle d'un puissant personnage. Sans cette dernière protection, qui s'appelle spécialement la *zetâta*, on ne pourrait faire de commerce au Maroc. Chez les Zemmoûr et les tribus voisines, elle s'appelle *mezrag*, ce qui veut dire « lance », et dans certaines régions comme le Haut-Atlas, dans sa région occidentale au moins, cette coutume n'existe pas ; en tout cas, là où elle existe, elle ne s'étend généralement point aux Européens, sauf à la lisière des tribus insoumises où les indigènes sont en contact avec ceux-ci. Chez les Guerouân, les Aït Ouafella, on paie un droit de péage à chaque douar pour avoir le droit de faire du commerce. Les guerres empêchent parfois à un tel point les transactions les plus indispensables d'avoir lieu que l'on a vu des marabouts édicter des sortes de trêves de Dieu. Les époques des *moûguer* ou foires annuelles du Soûs sont également parmi celles où il règne, dans les environs de la foire, une sécurité bien rare en d'autres circonstances.

En dehors de l'influence des marabouts, la seule autorité reconnue en blad-es-siba est celle, plus ou moins bien assise, de la *djemaa*, en berbère *anfaliz*, sorte d'assemblée municipale. Sans elle, le pays serait en proie à l'anarchie la plus complète et les habitants se décimeraient les uns les autres. C'est une antique institution, qui a presque disparu du blad-el-makhzen. Ses attributions sont extrêmement étendues : elle décide également sur les affaires de l'ordre gouvernemental, administratif ou judiciaire, elle connaît du civil et du criminel; bref, elle serait omnipotente si elle exerçait en fait tous les droits qui lui sont reconnus en principe. Ses membres sont, en effet, constamment retenus par la nécessité d'éviter toutes les occasions d'affaiblir leur autorité en se heurtant à des gens puissants et susceptibles de leur résister. Pour cette raison, la djemaa s'immisce le moins possible dans les questions personnelles : spécialement en ce qui concerne les meurtres, elle laisse les particuliers se démêler eux-mêmes. Ne font partie de la djemaa que les hommes d'âge mûr, mariés, considérés, fils autant que possible d'un ancien membre du conseil et ayant leur résidence dans la fraction que l'assemblée représente. Souvent, une djemaa générale représente toute la tribu; mais, à cet égard, il y a des différences entre les divers pays, qui méritent d'être notées; nous prendrons quelques exemples concrets. Chez les Riâta, il ne paraît, d'après Foucauld, exister aucune autorité reconnue: « Chacun pour soi avec son fusil ». Chez les Zemmoûr, chez les Zaïân, chaque fraction s'administre par sa djemaa : quelques hommes y ont la prépondérance, mais aucun ne commande au point de mériter le nom de *chîkh*. Cette fonction existe, au contraire, dans l'oasis de Tissint dont nous avons une bonne description, où chacun des *ksars* ou villages est administré par une djemaa qui, tout en gardant la souveraineté, délègue ses pouvoirs à un chîkh ; la durée de ces pouvoirs est variable suivant les circonstances et l'esprit des ksars ; il y en a qui gardent le même chîkh pendant toute sa vie, tandis que d'autres en changent constamment. De même que les diverses fractions de la tribu des Zemmoûr délibèrent isolément sans s'inquiéter de leurs voisins, de même les différents ksars de l'oasis de Tissint sont sans lien entre eux. Chez les Brâber, les différentes djemaas, en cas de guerre, nomment des délégués qui forment la djemaa générale. Chacune des djemaas est administrée par un *chîkh el aâm*, nommé pour un an et renouvelé régulièrement. Cette curieuse coutume est spéciale, dans le Maroc, aux trois tribus des Aït Seddrat, des Imegrân et des Brâber. Lorsque la djemaa générale est réunie, elle nomme, si les circonstances sont graves, un chîkh supérieur, dont les pouvoirs sont illimités, mais temporaires. L'institution du chîkh el aâm a, sans doute, pour but d'éviter l'accaparement de ces fonctions par une même famille, ce qui arrive inévitablement dans les pays où leur durée est indéfinie, lors-

[1] Voy. la *Revue* du 15 février, p. 134.

qu'elles sont confiées à un homme riche et puissant. Ainsi se forment de petites souverainetés, dont le chef est absolument indépendant et peut acquérir dans le pays une grande influence ; de Foucauld a décrit ainsi les cheikhats de Taznakht, des Zenâga, des Mezguita : les habitants y vivent en sécurité et dans une aisance relative. Les Ida ou Blâl avaient, paraît-il, jadis aussi des cheikhs héréditaires, mais ils ont perdu tout pouvoir et ne gardent plus que leur titre, qui leur donne seulement le droit de conduire leurs compatriotes dans les combats. Lorsque ces petits états tombent entre les mains de personnages à caractère religieux, on arrive à la formation de petits royaumes qui pourraient au besoin tenir tête au sultan lui-même : tel le Tazeroualt, royaume de Sidi Hoseïn ou Hachem, le descendant de Sidi Hammed ou Moussa.

Les tribus sont quelquefois groupées en grands partis irréductibles ; c'est ainsi que, dans le Rîf et les Jebâla, il existe deux *çoffs* ou partis, entre lesquels sont rigoureusement réparties toutes les tribus. Au sud du Grand Atlas, les populations sont tantôt formées en tribus, tantôt restées à l'état de villages isolés, tantôt groupées en districts de plusieurs villages. Il arrive que districts, tribus, villages s'unissent, chacun avec son administration, en une confédération : ainsi la confédération du Dâdés, pays qui, à maints égards, semble un peu supérieur en civilisation à ses voisins. D'autres fois, ces différents groupes sociaux se subordonnent : des debihas solennelles annoncent que tel ksar, telle tribu est vassale de telle autre, c'est-à-dire qu'ils lui versent, pour que leurs biens soient respectés par leur suzeraine, un tribut annuel. Ainsi les oasis de Tissint, de Tatta, sont vassales des Ida ou Blal, qui sont vassaux des Brâber. En somme, toute cette anarchie n'est qu'apparente, et le jeu d'institutions sociales rudimentaires aboutit cependant à un certain équilibre. Quelle que soit l'insécurité du blad es sîba, nous verrons dans un instant que le Makhzen n'assure pas aux populations qu'il régente une situation beaucoup plus favorisée [1].

II. — Les Cités.

Les villes marocaines sont aujourd'hui presque toutes entre les mains du Makhzen et ont, par conséquent, perdu leur administration autonome : quant aux petites cités de l'intérieur qui sont restées indépendantes, nous savons peu de choses touchant leur organisation sociale. Ce que nous dirons s'applique donc uniquement aux villes makhzen, les seules, du reste, qui soient considérables. Dès qu'une agglomération est pourvue d'une muraille d'enceinte, d'une casba, d'un minaret, de quelques soûks, c'est pour les Marocains une *mdîna*, c'est-à-dire une ville. Ses fortifications crénelées sont flanquées de tours nommées *bordjs* et interrompues par des portes plus ou moins nombreuses. Les abords de ces portes sont généralement peu agréables, parce que c'est là que l'on porte les ordures ; c'est là encore que l'on abandonne les cadavres des animaux domestiques morts en ville : aussi l'entrée dans les villes musulmanes se fait-elle généralement entre des immondices et des charognes, et met souvent à l'épreuve les cavaliers qui ont des montures ombrageuses. La casba, résidence du gouverneur de la ville, quartier des casernes et des dépendances du Makhzen, est généralement à part dans l'agglomération et environnée de hautes murailles. On appelle spécialement *mdîna* la ville proprement dite, de laquelle on distingue le *mellâh* ou ghetto réservé aux juifs. A Tanger et dans les villes européanisées, comme Casablanca, Mazagan, etc., il n'y a plus de mellâh enceint de murailles et les juifs habitent un peu partout dans la ville, quoique plus spécialement nombreux dans certains quartiers ; à Ouezzân, on donne le nom de mellahs à de grandes maisons à cour intérieure dans chacune desquelles habitent de nombreuses familles juives : ces mellahs sont répandus en plusieurs endroits de la cité. La mdina est divisée en quartiers, mais ce n'est pas là seulement une division topographique ; les quartiers sont réellement séparés les uns des autres par des portes qui sont fermées pendant la nuit. Aussi ne peut-on circuler après une certaine heure de la soirée qu'en parlementant avec les gardiens de la porte, quand il y en a. De même, les portes de la ville sont généralement fermées au coucher du soleil ; dans beaucoup de villes, on a gardé aussi l'usage de fermer les portes pendant la prière du vendredi, parce que l'on suppose que, tous les fidèles étant à la mosquée, la ville serait sans défense si on la laissait les portes ouvertes.

Les portes sont, au Maroc, avec les mosquées et les fontaines, les principaux monuments dignes d'attirer l'attention : celles qui donnent accès dans les villes sont généralement massives ; le couloir est coudé deux fois, et cette disposition se retrouve dans les plus anciennes portes du Maroc. Lorsque l'on arrive de Mazagan à Merrâkech, l'entrée noire de Bâb el Khemîs, qui paraît surbaissée par suite de l'exhaussement du sol, fait généralement une grande impression. Bâb Sâgma, Bâb el Foutoûh, à Fez, les grandes portes de Rabat, ont très sensible-

[1] **Littérature**. — La *Reconnaissance au Maroc* de Foucauld, à laquelle nous avons emprunté presque tout ce qui précède, est de beaucoup sur le blad es siba la source la plus abondante et la plus sérieuse : elle rend inutile de consulter les autres. Cf. cependant Sabatier : *Essai sur l'origine, l'évolution et les condition actuelles des Berbers sédentaires*, dans *Rev. anthr.*, 1882, p. 412. Le livre de M. de Ségonzac, sur son voyage chez les Brâber, n'est pas encore paru au moment où nous écrivons ces lignes.

ment le même aspect; mais Bâb el Guiça, à Fez, est celle qui étonne le plus; encaissée dans un ravin étroit, d'une forme ogivale et d'un style très pur, elle transporte l'esprit à dix siècles en arrière, époque à laquelle, du reste, elle fut probablement construite, car El Bekri la mentionne déjà. La porte de Chella, près de Rabat, flanquée de deux tours polygonales crénelées, est aussi un monument qui a grand air. On ne peut en dire autant de Bâb Mançoûr el Euldj, à Méquinez, si souvent citée cependant; cet échantillon de l'architecture de la grande époque du chérifat, imposant par sa masse et par la profusion du marbre et des sculptures, est d'un ensemble lourd, et la couleur verte qui le décore ne satisfait guère le goût européen. Parmi les portes qui séparent les quartiers, Bâb Aguenaou (fig. 1) à Merrâkech, est certainement l'une des plus curieuses et l'une de celles qui se rapprochent peut-être le plus des grandes traditions de l'art musulman. Le peuple l'a compris et lui attribue une origine merveilleuse : ce serait un monument d'Espagne, apporté pierre par pierre au Maroc; malheureusement pour la légende, il est facile de reconnaître dans les matériaux de construction de cette porte la pierre du Gliz, montagne voisine de Merrâkech. Les fontaines des villes du Maroc sont également des manifestations intéressantes et souvent gracieuses de l'art marocain; les plus curieuses sont les fontaines en bois peint de Merrâkech : la fontaine de *Chrob ou Choûf*, c'est-à-dire « Bois et vois », et surtout celle du *Mouasin* sont les plus connues des Européens.

Les quartiers de la ville s'appellent *hoûma*; un mokaddem est à la tête de la police de chacun d'eux. Fez est divisé en deux villes : Fez le Vieux et Fez le Nouveau, *Fâs el bâli* et *Fâs ej jdîd*. Le dernier est uniquement peuplé de Bokharis, de nègres, de Drâoua, de journaliers : le mellâh est situé aussi à *Fâs ej jdîd*. *Fas el Bâli*, Fez le Vieux, est la ville noble par excellence (fig. 2); il est séparé par la rivière en deux parties respectivement appelées *El Adoua* et *El Lamtiîn*; El Adoua est l'ancien quartier connu sous le nom d'*El Andalous*. La rivalité entre les habitants de ces deux quartiers de la cité sainte de Moûlaye Idrîs est très ancienne et très vive. L'Adoua est divisé en six quartiers : les Lamtiîn n'en comptent pas moins de douze; de plus, les jardins situés sur les hauteurs, et dans lesquels se trouvent les maisons les plus agréables à habiter, forment des quartiers à part. Merrâkech est également divisé en une vingtaine de quartiers, mais il n'existe pas de scission analogue à celle de Fas-el-Bâli et de Fas ej jdid; tout au plus peut-on signaler que certains quartiers sont plus spéciale-



Fig. 1. — *Bâb Aguenaou, porte donnant accès dans la Casba, à Merrâkech.* (Cliché de M. Veyre.)

ment habités par des Rehâmna, ennemis des autres habitants. Casablanca, pour prendre un exemple sur la côte, se divise en trois parties : la *mdina*, fortement européanisée par la construction de maisons d'allures généralement espagnoles; le *mellâh*, sans limites fixes, car les juifs se répandent peu à peu de tous côtés, et les *tnâker*, ramassis de huttes en roseau avec quelques constructions en pisé, où habite la partie pauvre de la population et qui rappelle les « villages nègres » et les « Beni-Ramassés » de nos villes algériennes. Casablanca est la ville de la côte atlantique où l'Europe a le plus fortement marqué son empreinte; ailleurs, les Européens ont peu construit. Ils ne résident encore ni à Salé, ni à Azemmoûr, exception faite de quelques missionnaires. Cependant, le temps est passé où ils ne pouvaient se loger que dans les mellâhs : il n'y a pas très longtemps qu'il en était encore ainsi à Fez, et la recherche d'un logement pour le chrétien qui arrive dans la capitale du Maroc n'a pas cessé aujourd'hui d'être un problème presque insoluble sans l'intervention de l'autorité consulaire.

Les souks, dont il a déjà été question dans le chapitre consacré au commerce, sont généralement les endroits les plus animés de la ville; à Fez et à Merrâkech, ce sont de longues et souvent de larges rues, recouvertes de claies en joncs qui tamisent les rayons du soleil; le *Souk el Attârîn* de Fez joue dans la vie de la cité un rôle analogue, toutes choses égales d'ailleurs, à celui des grands boulevards de nos capitales : c'est le rendez-vous des plus hauts personnages, des doctes oulama qui se promènent gravement, avec, sous le bras, le petit tapis de feutre destiné à dire la prière ou simplement à s'asseoir lorsqu'ils veulent causer. Pour expliquer ce rôle des souks, il faut dire que le gros commerce est la classe qui fournit les gens les plus distingués et aussi les plus grands savants; il n'y a pas, à cet égard, les distinctions que l'on observe chez nous. La *Kissâria* est un souk d'une nature particulière, où l'on vend généralement les étoffes, les effets, les tapis, etc. Il est couvert à Fez et à Merrâkech, et on n'y circule pas à cheval. Le marché aux esclaves est de tous les souks celui qui attire généralement le plus la curiosité. Il n'en existe plus de considérable qu'à Fez et à Merrâkech; dans les autres villes de la côte, le commerce des esclaves se fait d'une façon clandestine par des courtiers spéciaux, mais il n'y a pas de vente publique aux enchères. A Fez, la vente s'arrête dès qu'il y a des chrétiens, et il n'y a plus qu'à Merrâkech que ceux-ci peuvent assister à ce spectacle, qui est fort pénible à voir. La vente a lieu dans une cour carrée, au milieu de laquelle est disposé un préau sous lequel et autour duquel on fait circuler les esclaves mis en vente, car il y a d'habitude grande affluence; le public, du reste, est en grande partie composé de curieux : ce genre de vente a ses spectateurs assidus. Les prix atteints par les esclaves sont assez variables; nous avons vu vendre de jolies négresses jusqu'à mille *metkals* (à 0 fr. 40 le metkal), tandis qu'une vieille négresse, mise en vente avec son enfant, atteignait avec peine 180 metkals au bout d'une heure. Une infraction grave aux prescriptions canoniques est la mise en vente continuelle de jeunes filles qui n'ont jamais été soudanaises et qui ont tout simplement été volées dans les tribus.



Fig. 2. — *Une rue de Fez (Fâs ej jdîd) dans le quartier de Rdîr el Goûza.* (Cliché de M. Doutté.)

Les villes de la côte, avons-nous écrit ailleurs, ont paru à certains voyageurs être semblables entre elles : elles sont cependant bien différentes, et chacune d'elles semble avoir sa caractéristique et sa fonction spéciale dans l'organisme marocain. Tanger est la ville définitivement abandonnée aux chrétiens, et où l'on a longtemps espéré les maintenir ; mais voici qu'à l'heure actuelle, toutes les villes de l'empire les reçoivent, même la fanatique Salé. Larache, ville de trafic, abhorrée des musulmans, sans population citadine, n'est rien que le port de Fez, et c'est beaucoup ; Rabat, clé de l'empire, commandant le seul chemin sûr qui relie les deux capitales, ville très musulmane, pleine des souvenirs de la lutte des chrétiens et des mahométans

aux siècles passés, habitée par une population de citadins lettrés, est, de plus, au point de vue commercial, le débouché de Méquinez et d'une région très fertile; Casablanca, en arabe Dar el Béïda, ville bédouine, exclusivement commerçante, est la porte par où s'écoulent les blés des Châouia, mais ne commande aucune route vers l'intérieur et n'a point de vie intellectuelle dans l'Islâm marocain; Azemmoûr, ensevelie dans sa blancheur immaculée, au bord de l'Oum er Rebîa, s'isole jalousement du chrétien et garde pieusement la mémoire des célèbres *moudjâhdîn* (marabouts combattants pour la foi) des temps héroïques; Mazagan, ville de Bédouins, seuil du Houz, pleine des vestiges de la domination portugaise, semble attendre l'envahisseur qui y débarquera, pour gagner de là Merrâkech la Rouge; Saffi, vieille ville qui porte aussi la marque ineffaçable de l'occupation portugaise, et où habitent cependant quelques lettrés, est plus musulmane que ses voisines et garde de plus vieilles traditions, mais l'Anglais y domine aujourd'hui et la considère comme sienne, nonobstant son mauvais port; Mogador, enfin, ville nouvelle, avec une énorme population juive, chemin de Merrâkech plus long que les autres, sanatorium merveilleux à cause de son climat qui charme également musulmans et Européens, est le débouché provisoire du Soûs, du Drâ et même de l'Adrar, jusqu'au moment où les ports du Soûs seront ouverts à l'Europe.



Fig. 3. — *Rue à Merrâkech : au fond Sidi Yoûssef ben Ali.* (Cliché de M. Doutté.)

Il y a, au Maroc, trois villes qui sont dites *hadria*, c'est-à-dire « à population civilisée, urbaine », dans le sens du mot « urbanité ». Ce sont : Fez, Rabat et Tétouan. Elles sont les seules qu'un lettré, un savant, un *âlem* qui se respecte, puisse consentir à habiter, les seules où il y ait un foyer intellectuel, qui, naturellement, est en même temps un foyer religieux. Tétouan, jolie ville, où les Rifains, primitifs et frustes, coudoient de beaux Andalous aux vêtements irréprochables, pleins d'urbanité, exempts de cet air fanatique qui rend si pénible l'abord des purs Fassiens, est une ville de propriétaires, de familles riches vivant dans de belles maisons et de beaux jardins, heureux au milieu de leurs faïences, de leurs jets d'eau et de leurs négresses (Marçais). Rabat, assise sur les bords de l'estuaire du Bou Regreg, au milieu des jardins d'orangers, regarde sa voisine, sa rivale d'antan, l'antique Salé où tous les peuples trafiquèrent depuis le punique, jadis encore repaire de pirates qui inquiétaient les côtes européennes et fournissaient le Maroc d'esclaves chrétiens. Aujourd'hui même, Salé concentre la haine du chrétien, et, impuissante à lui nuire, demeure néanmoins la ville la plus fanatique du Maroc. Nul commerçant chrétien ne s'y est encore fixé. Rabat, au contraire, possède un quartier où les mécréants sont bien établis. Les mœurs des habitants de Rabat sont, du reste, polies et douces, et les nombreux lettrés de cette ville sont sûrement beaucoup plus accessibles pour nous que les savants de Fez, violemment fanatiques sous leur politesse apparente et d'un pédantisme insupportable, lorsqu'ils se mettent à professer. C'est que, des « trois villes », Fez a la prééminence. La fierté du Fassien, vis-à-vis de ses compatriotes de l'intérieur ou de la côte, confine à l'insolence. Les « *ahl Fâs* », les gens de Fez, sont dans tout l'empire l'objet de prévenances spéciales, et jouissent de maint privilège refusé à d'autres; cependant, les gens de Rabat et de Tétouan sont habituellement englobés dans la dénomination de « *ahl Fâs* » et participent aux mêmes privilèges. Ces citadins de Tétouan, de Fez, de Rabat sont des descendants, plus ou moins adultérés, des anciens Maures chassés d'Espagne, comme en témoignent beaucoup de leurs noms qui sont entièrement espagnols. Bien qu'ils soient surtout répandus dans ces trois villes, cependant on en trouve dans toutes les autres villes du Gherb : il y en a beaucoup à Tanger, à Chechaouan, à Alcazar; mais aucun d'eux ne voudrait, sans y être forcé, habiter une ville comme Larache ou Maza-

gan ou même Merrâkech. Cependant, Merrâkech est une des quatre villes dites *makhzania*, c'est-à-dire impériales, les seules où le sultan réside habituellement.

Les trois autres sont : Fez, Rabat et Méquinez. Nous avons parlé de Rabat : Fez, Méquinez, Merrâkech sont certainement, au point de vue de la politique intérieure du Maroc, les trois villes les plus importantes. Elles ont aussi des aspects bien différents. Merrâkech, située à la limite des territoires où l'on parle le chelha, est, en définitive, « une ville chleuh ». Avec ses larges rues poudreuses, ses maisons généralement peu élevées en terre battue, ses vastes carrefours, sa population de Drâoua et de nègres, elle a des allures de ville soudanienne (fig. 3). De fait, le fond de la population de Merrâkech est composé de Rehâmna, de Chleuh et de Drâoua. Des terrains vagues immenses s'étendent çà et là dans la ville ; çà et là aussi des jardins ravissants, car l'eau abonde dans cette cité, d'où les habitants contemplent chaque jour le magnifique spectacle des cimes neigeuses du Haut-Atlas ; pas un arbre cependant, pas un palmier n'est planté le long des rues desséchées et poussiéreuses ; seulement, dans les artères commerçantes du centre de la ville, des claies en roseaux protègent les passants contre les ardeurs d'un soleil implacable. Autant Merrâkech se déploie à l'aise dans l'immense plaine constellée de palmiers, autant Fez semble étouffer au fond de l'étroite vallée où l'enserrent des montagnes pelées. De hautes maisons, dont les murs en briques ne sont jamais reblanchis à la chaux et semblent toujours en ruines, des rues étroites, tortueuses, formant un réseau inextricable, un silence qui serre le cœur, le manque absolu d'horizon et de points de repère qui fait que l'on se sent comme perdu, tout cela cause à celui qui descend dans la ville de Moûlaye Idris une impression pénible, dont les musulmans eux-mêmes ne se défendent guère. Le chrétien est d'autant plus affecté que, dès qu'il se rend dans les quartiers mouvementés des souks, l'animation silencieuse qui y règne n'efface pas cette impression. Dans les yeux des Maures, dans leurs gestes, dans leurs moindres mouvements, il sent la haine qui couve. Ce n'est plus ici le fanatisme brutal des villes comme Salé, qui se traduit par des injures et des coups de pierre, c'est un fanatisme raffiné, poli, caché sous des dehors courtois, mais que l'on sent raisonné et irréductible. Quelques quartiers de Fez, ceux des jardins, en arabe *el arâci*, ont un caractère plus gai ; vers le haut de la ville, en effet, les murs enclosent des jardins verdoyants qu'irriguent les eaux abondantes des montagnes voisines ; les rues, bordées de murs moussus et ombragés par quelques grands arbres, y ont le même caractère mystérieux et silencieux, mais c'est un silence intime et tendre qui n'effraie pas. Méquinez forme une curieuse transition entre Merrâkech et Fez. De la première, elle a certaines rues larges et poudreuses, des maisons basses, une population fortement métissée de noirs ; de la seconde, elle tient ses souks enfermés dans des rues étroites et hautes, et le fanatisme de ses habitants, moins affinés, d'ailleurs, que les Fassiens. Mais elle a ce que n'ont ni Fez, ni Merrâkech, et ce qui n'existe peut-être que là au Maroc, je veux dire des rues et des carrefours plantés d'arbres ; elle a encore, comme originalités, ses fortifications immenses, ses portes fastueuses et sans goût, ses énormes constructions, travail gigantesque des esclaves chrétiens, entassées sans ordre et sans mesure par le caprice de Moulaye Ismâïl et de ses successeurs, et bâtis le plus souvent avec des matérieux pris aux belles ruines romaines de Volubilis, dans le Zerhoun, à quelques heures de là ; elle a, enfin, ses antiques confréries religieuses, Aïssâoua surtout, dont les hordes sauvages remplissent tous les ans la ville pendant plusieurs jours de leurs processions, de leurs danses frénétiques, de leurs contorsions de convulsionnaires[1].

III. — Les Juifs.

Les juifs forment, dans la société marocaine, une classe bien tranchée et qui a sa fonction spéciale et exclusive : le commerce, auquel il faut joindre les industries qui, dans l'intérieur surtout, ne sont guère exercées que par eux : cordonnerie, orfèvrerie, etc. Ce rôle spécial des juifs, tant vis-à-vis des musulmans que vis-à-vis des chrétiens, a été mis en lumière dans un précédent article de M. Bernard relatif à la géographie économique[2] ; nous n'y reviendrons pas, mais ils forment une classe sociale si profondément séparée des autres, et ils sont un rouage tellement essentiel de la vie des cités, qu'il nous semble convenable de réunir ici quelques indications ethnographiques à leur sujet.

Les juifs au Maroc sont très inégalement répartis : il n'en existe pas dans le Rîf, sauf à Tafersit ; il y a un mellâh à Chechaouen. Le grand massif habité par les Brâber est presque exempt de juifs ;

[1] **Littérature.** — Les descriptions de Fez et de Merrâkech sont innombrables. Citons au hasard les descriptions pittoresques de Merrâkech par Erckmann, Marcet ; celles de Fez par Amicis, de la Martinière, Montbard, Loti ; la dernière, et non la moins pittoresque et la moins originale, est celle de Mouliéras : *Fez*, 1 vol., Paris, 1902. D'une façon générale, nous recommanderons deux ouvrages qui donnent des descriptions de toutes les villes marocaines ; ce sont : Castellanos : *Historia de Marruecos*, 1 vol., Tanger, 1898, et B. Meakin : *The land of the Moors, a comprehensive description*, 1 vol., Londres, 1901. Ce dernier livre est moins exhaustif que ses allures ne le feraient supposer.

[2] Voyez la *Revue* du 15 février, p. 132 et suiv.

ils sont, au contraire, très nombreux chez les Chleuh, dans le Sous, le Drâ; les grandes villes, Fez, Méquinez, Merrâkech, Tétouan et tous les ports de la côte ont des mellâhs. A l'orient du Maroc, le bassin de la Moulouia contient quelques juifs; les deux plus gros centres, dans ces pays, sont ceux d'Oujda et de Debdou. Tous ne sont pas de même origine; ceux qui habitent les petits mellâhs disséminés dans les tribus de l'intérieur, principalement le Drâ, le Soûs et les contreforts de l'Atlas, sont vraisemblablement très anciens en Afrique : ils y seraient venus après la destruction du temple de Jérusalem, tandis que ceux qui emplissent les mellâhs de Merrâkech, de Méquinez, de Fez et de la côte se seraient réfugiés au Maroc lors de leur expulsion d'Espagne, au xv[e] siècle. Les premiers se nomment eux-mêmes *plichtim*, c'est-à-dire « philistins, palestiniens », et les autres les appellent du mot espagnol *forasteros*, c'est-à-dire « étrangers ». Il y a entre eux de légères différences rituelles.

Sauf dans quelques villes que nous avons signalées plus haut, les juifs du Maroc habitent des quartiers séparés, des mellâhs : il ne leur est pas permis d'habiter ailleurs, et ils ne cherchent nullement, du reste, à enfreindre cette défense. Ces quartiers sont souvent d'une saleté repoussante; celui de Mogador est particulièrement immonde; quoique les juifs de Merrâkech soient beaucoup moins civilisés que ceux de Mogador, cependant leur mellâh est relativement plus propre : on y montre pourtant au touriste le tas d'ordures de 10 mètres de hauteur sur plus de 25 de longueur, qui se trouve devant l'une des portes, et qui s'exhausse toujours par l'accumulation des immondices. Cependant, ces dernières années, sous l'impulsion des Européens et de l'Alliance israélite, de grands efforts ont été faits pour assainir les mellâhs, et ces efforts ont été couronnés de succès : le mellâh de Fez est aujourd'hui plus propre que la ville musulmane. Si l'on y est toujours surpris par des odeurs innommables, cependant les rues sont propres et l'on peut s'y conduire la nuit, la communauté y ayant installé de véritables réverbères. Ces communautés sont dirigées au point de vue religieux par un rabbin, et au point de vue administratif par un chikh qui dépend du caïd de la ville. Un des auteurs qui ont le mieux retracé la vie du juif marocain est de Foucauld; il a fait, au surplus, de leur caractère la plus triste peinture, mais comment demander à ceux que l'on a maintenus tant de siècles dans l'abjection d'offrir de nobles vertus à notre admiration? Nous nous abstiendrons donc de retracer, après notre célèbre voyageur, le tableau pénible des vices du juif marocain; on pourrait se méprendre sur notre intention. Toute noblesse n'est pas, d'ailleurs, exclue de ces malheureuses populations, et de Foucauld lui-même a vu des individualités donner l'exemple de la vertu. On peut s'en rapporter à lui, car il les a observées de plus près que quiconque; il a fait, d'ailleurs, de leur vie quotidienne une narration si vivante que nous ne pouvons nous retenir de la lui emprunter telle quelle, persuadé qu'elle ne pourrait que perdre à être abrégée, et que personne d'ailleurs n'en a donné une plus fidèle et une plus naturelle esquisse. Quelques traits ne sont plus aussi exacts qu'à l'époque où ce morceau fut écrit, en ce sens que, dans certaines villes pénétrées par l'influence européenne, les juifs échappent en partie à quelques-unes des défenses que leur font les musulmans, mais le tableau reste vrai dans son ensemble. On verra quels progrès restent à faire à ces déshérités : il n'est que trop vrai que la misère, la saleté, une promiscuité révoltante, les excès de l'alcoolisme, le mépris universel dont ils sont l'objet, leur ont infligé des tares physiques et morales, non indélébiles, mais qui ne disparaîtront qu'avec la sollicitude des nations civilisées. « Le juif, dit l'illustre explorateur, se reconnaît à sa calotte et à ses pantoufles noires : il ne lui est pas permis de les porter d'une autre couleur. Dans la campagne, il peut aller à âne et à mulet; mais, s'il rencontre un religieux ou une chapelle, il met pied à terre ou fait un détour. Aux péages et aux ports, il est soumis à une taxe comme les bêtes de somme. En ville, il se déchausse et marche à pied; les rues voisines de certains sanctuaires lui sont interdites. Il demeure hors du contact des musulmans, avec ses coreligionnaires, dans un quartier spécial... Dans le mellâh, le juif est chez lui : en y entrant, il remet ses chaussures, et le voilà qui s'enfonce dans un dédale de ruelles sombres et sales; il trotte au milieu des immondices, il trébuche contre des légumes pourris, il se heurte à un âne malade qui lui barre le chemin, toutes les mauvaises odeurs lui montent au nez; des sons discordants le frappent de toutes parts; des femmes se disputent d'une voix aigre dans les maisons voisines; des enfants psalmodient d'un ton nasillard à la synagogue. Il arrive au marché : de la viande, des légumes, beaucoup d'eau-de-vie, quelques denrées communes, tels sont les objets qu'on y trouve; les belles choses sont dans la ville musulmane. Le juif fait ses achats et, reprenant sa route, il gagne sa maison; s'il est pauvre, il se glisse dans une chambrette, où grouillent, assis par terre, des femmes et des enfants : un réchaud, une marmite forment tout le mobilier; quelques légumes la semaine, des tripes, des œufs durs et un peu d'eau-de-vie le samedi, nourrissent la famille. Mais notre juif est riche. Au moment où il

pousse la porte noire, il pénètre dans un monde nouveau. Voici le jour, la propreté, la fraîcheur, la gaieté. Il entre dans une cour carrée, entourée de deux étages de galeries donnant accès aux chambres. Le ciel apparaît d'un bleu ardent. Les derniers rayons de soleil font briller comme des miroirs, au faîte de la maison, les faïences coloriées dont tout est revêtu, murs, colonnes, sol de la cour, plancher des chambres. Une odeur de buis, de cèdre remplit et parfume la demeure. Des enfants rentrent de l'école, jouent et crient. Des femmes, bras nus et poitrine découverte, vêtues d'une jupe de couleur éclatante et d'une petite veste de velours brodé d'or, un mouchoir de soie sur la tête, se délassent et causent, assises dans la cour. Au fond des chambres, des vieillards, à figure pâle, à longue barbe blanche, attendent, le livre à la main, l'heure de la prière du soir. Dans les galeries, des servantes, accroupies près des réchauds, apprêtent le repas..... Le dîner est prêt : le juif a un hôte; il s'assied avec lui sur un tapis ou sur des coussins, le reste de la famille mange à part, dans un coin. On place une petite table devant les deux hommes, on apporte le thé; il y a du thé à l'ambre, à la verveine, à la menthe; on en boit trois tasses, puis se succèdent un potage très épicé, des quartiers de mouton bouilli, des boulettes de viande hachées au piment, des tripes et du foie au piment, un poulet, des fruits confits dans le vinaigre, d'autres frais; c'est un repas distingué. Une carafe pleine d'un liquide incolore est entre les deux juifs; ils s'en versent de grands verres et, tout en mangeant, en boivent un litre à eux deux; on pourrait croire que c'est de l'eau : c'est de l'eau-de-vie. Au milieu du dîner entrent trois musiciens; deux sont des juifs : ils portent, le premier, une flûte, l'autre, une sorte de guitare; le dernier est musulman, il chante. Les chansons sont si légères qu'on n'en peut rien dire, pas même les titres. Les instruments accompagnent. Les femmes et les enfants répètent les refrains et battent des mains en cadence..... Quel contraste entre ce pauvre chanteur musulman et les juifs qui l'entourent! Lui, beau, la figure éveillée, spirituel, grands yeux expressifs, dents superbes, cheveux bien plantés et rares, barbe courte, bien fait, souple, mains et pieds charmants, et, quoique misérable, brillant de propreté. Eux, laids, à l'air endormi, presque tous louchant, boiteux ou borgnes, crevant de graisse ou maigres comme des squelettes, chauves, la barbe longue et crasseuse, mains énormes et velues, jambes grêles et arquées, pas de dents, et, même les riches, d'une saleté révoltante. »

Le juif marocain est particulièrement attaché à sa foi; on ne s'étonnera pas qu'il en suive plutôt la lettre que l'esprit. Il observe scrupuleusement les rites et ne paraît pas avoir saisi la portée morale de la religion; ce côté éthique lui échappe entièrement. Au contraire, on attache une grande importance à des prescriptions extérieures; un juif ne prononce pas le nom de Dieu sans se couvrir la tête; si son tarboûch n'est pas à sa portée, il se couvre d'une étoffe. Il évite le nom d'Allâh et se sert du mot *rebbi*, « mon seigneur ». Il observe avec rigueur toutes les fêtes juives et le repos qui est prescrit à leur occasion, ce qui fait que, pendant un grand nombre de jours de l'année, le commerce est interrompu. Ces jours de fête sont employés à des visites, pendant lesquelles on absorbe force eau-de-vie. Chez les juifs strictement croyants, on trouve en entrant, sur les montants de porte, un tableau rectangulaire sur lequel est écrit le mot : *Chaddaï*, c'est-à-dire « Tout-Puissant » (Jensen). Sur la porte même, et en dehors, est le plus souvent dessinée une main, destinée à écarter le mauvais œil.

L'habillement des juifs marocains est quelque peu variable. Un juif aisé de Mogador, s'habillant à l'ancienne mode, porte un serouâl (pantalon) de toile; une kmîja (chemise) de toile, également ouverte par-devant, avec un col brodé en soie; un second serouâl en toile bleue ou brune; une veste blanche, épaisse, sans manche, appelée *sedria*; un caftan à manches étroites, fermé devant par une rangée serrée de boutons de soie; un burnous tombant jusqu'à mi-jambe, blanc ou plus souvent bleu avec un capuchon qui n'est rabattu que dans une cérémonie funèbre; comme coiffure, la calotte noire obligatoire; une sorte de fichu recouvrant la tête et noué par derrière, en soie noire; un autre fichu bleu à dessins blancs; une ceinture de soie et des souliers noirs. Les nouvelles générations de juifs portent la chemise européenne et, par-dessus la sedria, une veste à manches (*jabadour*); quant au caftan, ils le remplacent volontiers par la longue redingote noire; de plus, ils mettent des bas généralement blancs et chaussent des souliers à la mode européenne; ils gardent la calotte noire. D'autres juifs, moins fortunés, revêtent la jalabia ou le selham ou encore le tchamir des musulmans (Jensen). Une juive de Merrâkech en jour de fête porte, par-dessus la chemise et le pantalon, une jupe de soie, généralement de couleur éclatante, avec des bandes brochées d'argent ou d'or et un caftan de velours, plus ou moins somptueux, broché d'or et d'argent, largement échancré, et dont l'échancrure est remplie par un plastron richement brodé. La tête est coiffée d'un mouchoir multicolore; plusieurs colliers ornent le cou. Les bras et les mains sont surchargés de bracelets et de bagues; à la ceinture est suspendu le khamsa dont nous avons déjà parlé.

Les pieds sont chaussés de sortes de pantoufles toutes brochées d'or.

Ce serait par trop sortir de notre cadre que de décrire les cérémonies en usage chez les juifs à l'occasion du mariage, de la naissance, de la mort; elles ne diffèrent pas, du reste, fondamentalement de celles qui sont de tradition chez leurs coreligionnaires d'Algérie. Les unions sont excessivement précoces, surtout dans les mellâhs de l'intérieur : les filles, d'après de Foucauld, s'y marient dès six et huit ans, les garçons vers quatorze. La promiscuité dans laquelle vivent les juifs pauvres, qui sont l'immense majorité, a son contre-coup sur l'hygiène : les épidémies sont fréquentes et l'on ne soigne pour ainsi dire pas les malades. L'automne de 1901 encore, une grosse épidémie a enlevé au mellâh de Fez plusieurs milliers d'habitants. Il faut espérer que l'œuvre d'instruction et de civilisation entreprise au Maroc par l'Alliance israélite et poursuivie par elle avec tant d'activité portera des fruits et répandra les notions de propreté et d'hygiène publique.

Ce qui précède s'applique aux israélites du blad el makhzen; les israélites du blad es siba sont beaucoup plus malheureux. Chacun d'eux a un seigneur, un *sied*, dont il est la propriété absolue. Il ne peut s'absenter sans son autorisation et sans laisser de gages; si un juif étranger veut épouser une jeune juive, il doit la racheter à son seigneur; le juif est à la merci des demandes d'argent de son maître. Si celui-ci est sage, économe, il ménage son mellah, car il sait que là est l'instrument de sa fortune; s'il est prodigue, il arrache tous leurs biens à ses juifs qui sont réduits à la plus misérable condition. En certains pays du Sahara, on va jusqu'à les vendre sur les marchés. Le juif n'a que deux moyens de se soustraire à cette vie : se racheter, ce qui est le plus souvent impossible, le maître prenant l'argent et gardant quand même le juif, ou s'enfuir; beaucoup prennent ce dernier parti, mais malheur à eux si, par hasard, ils sont repris, eux-mêmes ou leurs descendants; ils retombent alors dans leur esclavage premier. C'est dans la vallée de l'Oued el 'Abîd que de Foucauld a trouvé les juifs les plus misérables; il leur est impossible d'amasser le moindre pécule, et leur malheur en a fait des hommes sauvages et sanguinaires parmi lesquels le meurtre et les querelles sanglantes sont quotidiennes. Dans ces régions, la coutume fixe à 30 fr. l'amende du musulman qui a tué un juif. Ces pays sont d'ailleurs à la limite des Brâber, chez la plupart desquels les juifs ne peuvent pénétrer sans danger de mort[1].

IV. — Le Makhzen.

« Le Gouvernement et l'Administration du Maroc se caractérisent par un manque de précision dans la délimitation des fonctions : cette imprécision, du reste, se retrouve généralement dans les États encore peu avancés en civilisation ; comme, dans la série des êtres vivants, les organismes inférieurs se caractérisent par la diffusion des fonctions, de même les organismes sociaux imparfaits n'ont point de rouages administratifs nettement distincts les uns des autres, et le Maroc est quelque peu dans ce cas. Car, malgré la précision apparente avec laquelle sont dénommés les fonctionnaires, leurs attributions gardent toujours des limites flottantes; un habitant de Merrâkech, pour prendre un exemple, s'il a un différend, peut tout aussi bien le porter devant le pacha que devant le cadi, et, en maintes circonstances, il a de plus le choix entre le mohtasseb et le pacha. Parmi les hauts fonctionnaires, la répartition des fonctions n'est pas plus rigoureuse. Et d'abord la distinction du gouvernement et de l'administration n'est pas mieux assurée ; la moindre affaire exige la décision d'un ministre, sinon du sultan lui-même. De plus, même au sein du ministère, si l'on peut se servir de ce mot en matière marocaine, il n'y a aucune division du travail. L'hiver dernier, quand la puissance d'El Mnebbhi (fig. 4) était à son apogée, les autres ministres, tous éclipsés, le grand vizir le premier, ne faisaient plus rien. Tous les ordres étaient donnés, toutes les décisions prises par le favori; cependant El Mnebbhi n'était que le chef du département de la guerre, auquel il n'est même pas d'usage de donner le titre de vizir. Parce qu'il n'y a pas de fixité dans les attributions ministérielles, chacun cherche, par ambition, à les réunir toutes entre ses mains, et cela est cause qu'il n'y a aucune solidarité entre les ministres. Chacun d'eux brigue pour lui seul la faveur du souverain, et, aussitôt qu'il l'a, pense au moyen de perdre ceux qui pourraient la lui enlever, c'est-à-dire ses collègues. Et comme il n'a de confiance en personne, il n'a le choix qu'entre deux moyens : faire supprimer leurs postes ou les donner à ses proches. Ce sont ces deux moyens qu'avait employés simultanément le célèbre Bâ Ahmed qui, après avoir brisé la fortune de la grande famille des Jâm'i, avait concentré entre ses mains tous les pouvoirs, n'y laissant participer que quelques-uns de ses parents. Pour les mêmes motifs, le favori doit toujours tenir

[1] **Littérature.** — On consultera les quelques articles cités dans la bibliographie de Playfair. Voir, de plus, l'excellent appendice consacré aux juifs par de Foucauld dans sa *Reconnaissance*; le travail très scientifique de Jensen : *Mitt. üb. d. Jud. in Marokko*, dans *Globus*, 1897, nos 16 et 22, qui concerne spécialement les juifs de Mogador; un bon article de Talcott Williams, dans *The Jewish Exponent*, de Philadelphie, 18 février 1898, intitulé *Morocco a. the Jew. problem* ; le *Bulletin de l'Alliance* et le chapitre xxxi de Moulièras, *Fez*, p. 195.

le sultan en haleine et ne le laisser communiquer avec personne sans son intermédiaire. Comme il ne peut le séquestrer ainsi qu'en l'occupant de quelque façon, il est arrivé qu'il a introduit près de lui toute une compagnie de commerçants chrétiens, français et anglais, qui rivalisent chaque jour d'ingéniosité pour satisfaire ses curiosités toujours croissantes et se ménager en même temps de gros gains de courtage dans les commandes que leur fait le jeune souverain. »

Le sultan du Maroc a un pouvoir absolu; sans doute, il existe une doctrine musulmane de l'*imâmat*, c'est-à-dire du gouvernement parfait suivant l'orthodoxie; mais, depuis les débuts de l'Islâm, cette doctrine n'est plus suivie dans la pratique, et les souverains musulmans considèrent leur pouvoir comme sans limites, dès le moment qu'eux-mêmes ne cessent pas de défendre la vraie religion. Le sultan actuel du Maroc vit enfermé dans son palais; tandis que son prédécesseur, Moûlaye Hassan, passait la moitié de sa vie dans les camps, il n'a encore dirigé aucune expédition militaire; ses goûts ne paraissent pas, du reste, le porter de ce côté. C'est habituellement le matin, vers neuf heures, qu'a lieu la conférence quotidienne du sultan avec le grand vizir. Si celui-ci n'est pas en faveur, ce n'est qu'une entrevue de pure forme. Les ministres, comme tout le monde, se prosternent devant le sultan, en touchant la terre avec le front. L'après-midi, le sultan actuel se distrait généralement avec les chrétiens; bicyclette, photographie, cinématographe, peinture, prestidigitation, spectacles de cirque, parties de billard, etc..., sont les amusements habituels. Le sultan montre, au cours de ces séances, une curiosité très vive au sujet de tout ce qui concerne l'Europe, les grandes découvertes de l'industrie moderne, les productions artistiques, la constitution et l'administration des grands États : cette curiosité a parfois un caractère qu'on peut taxer d'enfantin, mais on aurait tort de croire qu'elle doive rester sans portée, car la curiosité, même puérile, est la forme première de l'esprit de recherche et d'initiative. Au palais du sultan sont annexés d'immenses jardins (*agdâl*), à la mode arabe, c'est-à-dire plantés sans ordre, où le prince se promène. Le harem du sultan contient non seulement ses épouses, ses concubines, mais toutes ses parentes : une femme qui est entrée dans le harem n'en sort généralement plus, en sorte qu'il y a là plusieurs centaines de femmes de tous les âges. L'autorité y est exercée par des *ârifa* et le service est assuré par des eunuques, désignés couramment sous le nom de *mamâlik*. Moûlaye Hassan avait l'habitude de passer la journée tout entière du jeudi avec ses femmes ; mais Moûlaye Abdelazîz a rompu avec cette tradition. Une nuée d'esclaves nègres remplissent au palais toutes sortes de fonctions et se prosternent devant le sultan chaque fois qu'il passe, en criant : *Allâh ibârek fi amer sidna*, « Que Dieu bénisse notre maître ».



Fig. 4. — *El Mnebbhi, ministre de la guerre marocain.* (Cliché de M. Veyre.)

Le grand vizir, *el ouzir el adem*, ou premier ministre, est le chef du Gouvernement. Il voit le sultan une ou deux fois par jour : en théorie, tous les ministres dépendent de lui; en pratique, la subordination se règle suivant la faveur. Toutes les affaires doivent être concentrées entre les mains du grand vizir; il prend les ordres du sultan et les fait exécuter. Il a sous ses ordres deux per-

sonnages, jadis importants, aujourd'hui fatalement effacés, nommés l'un *ouzîr el Gharb* et l'autre *ouzîr el Houz*, qui s'occupent respectivement des affaires intéressant les provinces de Fez et de Merrâkech; ils sont assistés par un grand nombre de *kâtebs* ou secrétaires. Le *hâjeb*, ou chambellan qui est préposé à la garde du sultan, dépend aussi théoriquement du grand vizir; il commande aux nombreux domestiques du palais, aux bouchers, palefreniers, échansons, nègres chargés de la table, du thé, de la tente, etc. La plupart de ces emplois sont remplis par des noirs; d'autres ont un caractère honorifique et sont confiés à des fils de caïd. Le *kaïd el mechouar* dépend également du grand vizir en théorie; en fait, il ne dépend que du sultan. C'est une sorte d'introducteur et de chef du protocole; il présente les visiteurs officiels, il répète à haute voix les paroles du sultan, si les assistants sont nombreux. Il a sous ses ordres de nombreux *mechaouris* (chaouchs, huissiers); deux d'entre eux sont appelés *mzergui* et portent devant le sultan, dans les cérémonies, deux longues lances; un autre porte le parasol; il est aussi d'usage, lorsque le sultan sort officiellement, de le faire suivre d'une voiture européenne, jadis offerte en présent par quelque gouvernement européen, et dans laquelle, d'ailleurs, personne ne monte jamais, et d'un certain nombre de chevaux tout sellés et tout harnachés, également sans cavaliers.



Fig. 5. — *L'artillerie du sultan, organisée et commandée par la Mission militaire française.* (Cliché de M. Veyre.)

Le ministre de la guerre ne porte pas le titre d'*ouzîr*, non plus que le ministre des finances : on l'appelle habituellement *allâf* ou *allâf kebîr*, quelque chose comme « payeur général de l'armée ». La masse des troupes est formée par l'infanterie, qui est répartie en *tabors*, comprenant un nombre d'hommes variable, généralement tous de la même tribu; ces hommes sont recrutés un peu au hasard; une partie d'entre eux appartient au guich dont nous allons parler; ils sont entretenus par des fonctionnaires portant le nom de *allâf*, qui doivent fournir à leur équipement, moyennant une certaine somme qu'ils touchent à cet effet. L'infanterie, de création récente et organisée sur le modèle des armées européennes dont elle semble la caricature, n'est pas fort considérée. Le tabor est généralement commandé par un *caïd erreha*, qui a sous ses ordres des *caïd mia;* ceux-ci sont censés commander à une troupe de cent hommes ou *mia* (cent); dans la pratique, le mia ne compte pas le tiers de cet effectif. Il y en a qui comptent à peine vingt hommes : le reste est absent ou a déserté, c'est tout profit pour le payeur. Un tabor spécial, fait de huit cents hommes, est placé sous les ordres directs du colonel Mac Lean, instructeur anglais de l'infanterie marocaine. Ce tabor est mieux équipé que les autres; ses hommes ont des effets convenables au lieu que les soldats ordinaires n'ont même pas de fusils la plupart du temps. L'infanterie de Rabat, Salé et Casablanca est instruite par la Mission militaire française de Rabat. L'artillerie (fig. 5) est instruite par la partie principale de cette Mission militaire française, qui demeure constamment près du sultan; ces instructeurs étrangers sont connus sous le nom de *herrâba*; il y a, en outre, à Rabat un officier du génie allemand chargé d'initier les Marocains à l'art des fortifications et à la défense des côtes; à Fez, un colonel italien qui est à la tête d'une manufacture d'armes et peut livrer mille fusils par jour au Makhzen; à Tanger, enfin, réside une Mission espagnole, mais elle est assez inactive. A côté de cela, le Maroc possède un corps d'ingénieurs ou *mohendis*, dont l'institution remonte à Moûlaye Hassan. Ce sultan avait envoyé de nombreux jeunes gens faire leur éducation et leur instruction en France, en Angleterre, en Italie; lorsqu'ils revinrent, on en fut un peu embarrassé;

on en fit une classe de fonctionnaires à part sous le nom de *mohendis*, littéralement « géomètres », et on utilise leurs services lorsqu'on en a besoin ; c'est surtout comme interprètes que l'on s'en sert; c'est ainsi que, dans la Commission franco-marocaine de délimitation de la frontière, figurent deux mohendis, dont l'un parle le français et l'italien et l'autre l'anglais. A côté des mohendis, il y a de nombreux *talebs*, qui font également partie du Makhzen pour y utiliser leurs connaissances spéciales. Lorsque des déserteurs français ou espagnols, ou des forçats évadés des présidios de la côte méditerranéenne se font musulmans, le Gouvernement marocain leur donne une solde et les verse dans le corps des mohendis : aussi voit-on au Makhzen d'assez nombreux renégats. Peu considérés, ils ne rendent, du reste, aucun service appréciable, vu leur manque d'instruction ; ils font naturellement courir le bruit que leur situation vis-à-vis de leur pays a été régularisée et qu'ils restent par amour de l'islamisme, mais on peut croire qu'il n'en est rien.

Le *guîch* est la réunion de tous les cavaliers du Mahhzen, nommés *mokhâznis*. Ils sont fournis principalement par les Bokharis, les Oudâia, les Cherârda et les Cherâga. Les derniers sont des tribus ordinaires dépendant du Makhzen et obligées de fournir des soldats; les Bokharis sont les descendants d'une garde de noirs formée jadis par Moûlaye Ismâïl pour sa défense personnelle; il leur faisait jurer fidélité sur le livre d'El Bokhâri, recueil de traditions musulmanes fort vénéré au Maroc et dans tout l'Islâm, et c'est de là que vient leur nom. Les Bokharis conquirent une telle influence et devinrent tellement redoutables qu'ils jouaient presque au Maroc, vis-à-vis des sultans, le rôle des prétoriens romains ou des janissaires turcs; aujourd'hui, ils n'ont plus aucune influence, mais leurs descendants encombrent le makhzen. Les Oudâia sont, d'après la légende, une ancienne tribu de juifs convertis; devenus tribu Makhzen, ils jouèrent un rôle analogue à celui des Bokharis. Ils étaient jadis cantonnés à Méquinez ; à la suite de révoltes, ils furent dispersés en différents endroits de l'empire. Les mokhaznia du *guich* sont répartis entre tous les services et remplissent les mêmes fonctions que nos cavaliers de bureau, nos spahis algériens : ils dépendent du grand vizir. Mais, en temps de guerre, ils sont réunis pour former la cavalerie de l'armée et dépendent alors naturellement du ministre de la Guerre. Ils sont répartis en groupes appelés non pas *tabor*, comme pour l'infanterie, mais *rehat el guich*. Ils jouissent d'un peu plus de considération que les soldats, qui sont déconsidérés par leur costume d'allure chrétienne : serouâl bleu, veste et gilet rouge, chechia ronde, belras jaunes, au lieu que le mokhazni porte, par-dessus le tchamir (grande chemise à larges manches), le caftan, la *farajia* (chemise ouverte par devant), le selham à capuchon, les belras jaunes et la chechia rouge allongée, en forme de piment.

De même que le ministre de la Guerre, le ministre des Finances ne porte pas le titre de vizir; on le nomme *amîn el oumana*. De lui dépendent :

1° Les *amins* des douanes, qui sont installés dans les villes de la côte ouvertes au commerce européen, ainsi qu'à Oujda, et qui perçoivent les droits d'exportation et d'importation; ils gardent cet argent dans leurs caisses, s'en servent pour payer les fonctionnaires de la côte et envoient au makhzen les sommes qui sont demandées; 2° L'*amin ed dâkhel* reçoit l'argent de l'impôt qui est apporté par les caïds; 3° L'*amin es sâïr*, qui est un payeur général; il puise dans la caisse du précédent, sur ordre du ministre, et effectue tous les payements par l'intermédiaire des *allâf*; 4° L'*amin el bniqat el merrakchia* (ou *el fassia*), auquel incombe en général tout ce qui est dépenses de matériel et comptabilité matière; 5° L'*amin el moustafâd* des biens domaniaux perçoit les revenus des biens domaniaux, afferme les marchés et les octrois, perçoit les taxes locales; 6° Enfin, l'*amin moustafâd* des mosquées centralise tous les revenus des biens hobous et pourvoit, au moyen de ces fonds, à leur entretien. Telle est l'organisation théorique des finances au Maroc. En fait, les attributions de ces différents fonctionnaires sont souvent confondues; le Makhzen fait des transferts fréquents d'une caisse à l'autre et puise indistinctement dans toutes pour les dépenses du sultan.

La justice est rendue par les cadis, qui sont nommés par le sultan, sur la proposition des gouverneurs. Ils sont assistés d'*adels*, qui servent de greffiers et de témoins instrumentaires. Le cadi ne juge habituellement que des affaires civiles; s'il prononce par hasard une peine, la bastonnade par exemple, il envoie le condamné chez le pacha ou chez le mohtasseb pour la faire exécuter. Il y a plusieurs cadis dans les grandes villes, avec chacun leur *mahakma* ou tribunal. Les peines ordinaires, qui ne sont prononcées dans l'usage que par les gouverneurs, sont : la bastonnade, qui est donnée sur le dos chez le gouverneur et sur la plante des pieds chez le mohtasseb; le *tetouïf*, qui consiste à promener le délinquant sur un âne la tête tournée vers la queue, dans la ville; la prison, qui est de beaucoup la peine la plus fréquente; et la peine de mort, qui n'est appliquée que par le sultan et en temps de guerre. L'amputation de la main, du pied, n'est plus employée que par quelques caïds sanguinaires; le supplice du sel, décrit par Loti, n'est plus employé depuis de longues années : il était

surtout infligé aux voleurs et consistait à replier les doigts dans des incisions faites à la paume des mains et à les maintenir dans cette position au moyen d'un gant de peau ; la plaie ne se cicatrisant pas à cause de la croissance des ongles, les victimes mouraient généralement de la gangrène. Il y a deux sortes de prisons, celle qui est réservée aux délinquants de droit commun, et qui est relativement douce, et celle qui est réservée aux détenus politiques, qui est très dure. Les rebelles sont souvent attachés ensemble par le cou au moyen de fers dits *annakia* ; en sorte que l'un d'eux ne peut bouger sans que tous les autres bougent en même temps ; il est arrivé que, l'un d'eux mourant, les autres étaient obligés de traîner son cadavre jusqu'à ce que le caïd fût venu le reconnaître, c'est-à-dire quelquefois plus de vingt-quatre heures après ; d'autres ont simplement les fers aux pieds (*koubel*), ils peuvent marcher en sautillant. Ceux qui ont les mains libres travaillent, ce qui est leur seul moyen de subsister, car le Makhzen ne leur donne qu'une nourriture insignifiante. Ils fabriquent habituellement des objets en sparterie, qu'ils vendent pour acheter des aliments ; la plupart du temps aussi, leur famille leur fait porter de la nourriture ; leurs femmes, enfin, s'installent souvent aux environs de la prison, leur font à manger, lavent leur linge et leur font obtenir toutes les douceurs possibles. Il y a aussi généralement une prison de femmes, mais elle ne sert qu'à enfermer les femmes de mauvaise vie qui font du scandale.

Le sultan a trois khalifas : un à Fez, un à Merrâkech, qui administrent pendant son absence, et un troisième au Tafilelt, berceau de la dynastie et en réalité royaume presque indépendant. Ces trois personnages sont toujours choisis naturellement dans la famille régnante. Chaque ville est administrée par un gouverneur, nommé *caïd*, ou *bacha*, ou encore *amel* ; le premier de ces titres s'emploie surtout pour le commandement des tribus et des petites villes, le deuxième pour les grandes villes, le troisième pour certaines provinces (Oujda, par exemple). L'organisation administrative des villes est variable. Pour fixer les idées, nous choisirons à titre d'exemple la ville de Merrâkech. Là, le bacha a près de lui deux khalifas : le sien propre qui est son adjoint, et un autre qui est nommé par le sultan et qui a certaines attributions spéciales, comme tout ce qui concerne les Européens et leurs conflits avec les Marocains. Sous les ordres du pacha est placé le *mohtasseb*, fonctionnaire aux attributions multiples dont les principales sont : le nettoyage de la ville, la surveillance des poids et mesures, la fixation du prix des denrées, la perception de certaines taxes traditionnelles, enfin tout ce qui concerne certaines corporations : bouchers, marchands de légumes, d'huile, de dattes, de charbon, boulangers, porteurs d'eau, etc..... Chacune de ces corporations a un amîn à sa tête, que le bacha nomme. Le mohtasseb a encore dans ses attributions la police des marchés spéciaux des grains, des huiles, de la laine, etc..., qui sont affermés par l'amîn el moustafâd. Les corporations qui ne concernent pas l'alimentation, comme les marchands d'effets, de chaussures, d'armes, les forgerons, menuisiers, etc., dépendent directement du bacha. Cette répartition des corporations varie suivant les villes. Il n'y a qu'à Merrâkech que le mohtasseb dépend du gouverneur. Le bacha a encore la police de la ville : un *caïd ed dour* organise des patrouilles ; mais la police du quartier de la Kasba échappe au bacha et appartient au *kaïd el kasba*, qui dépend directement du khalifa du sultan.

Les tribus sont sous le commandement des caïds, qui ont sous leurs ordres des *khalifas* et des *chikhs*. Autrefois le Maroc tout entier était divisé en un certain nombre de grands caïdats. Dans le but d'affaiblir l'autorité de ces trop puissants vassaux, Moûlaye Hassan fractionna les caïdats au point qu'il y en a aujourd'hui plusieurs centaines en tout. Ces caïds ont tous acheté leur charge ; dès qu'un caïdat est vacant, les candidats se rendent près du Makhzen et distribuent les pots-de-vin à droite et à gauche : tout le monde touche des deux mains, depuis les palefreniers jusqu'aux ministres ; le Gouvernement lui-même encaisse l'offrande du dernier et plus haut enchérisseur, qui est habituellement nommé. Rentré dans sa tribu, celui-ci cherche naturellement, d'abord à rentrer dans ses débours, ensuite à amasser des richesses. Aussi oppriment-ils horriblement leurs administrés. Au lieu de se borner aux deux impôts courants, *achour*, ou dîme des récoltes, et *zekkat*, ou impôt sur les bestiaux, ils fixent arbitrairement la contribution de chacun et écrasent littéralement le peuple. Autrefois, l'estimation des récoltes était faite par des amîns spéciaux, et le caïd restait chargé de la perception ; ce système n'empêchait nullement ce dernier de prélever arbitrairement les sommes dont il avait besoin et exposait les contribuables à la rapacité d'autres fonctionnaires. Aussi était-il tombé en désuétude : Moûlaye Abdelaziz vient de le restaurer, et, désireux d'imiter l'Europe, voudrait séparer entièrement l'assiette et la perception de l'impôt. L'intention est louable, mais les Marocains ne paraissent pas mûrs pour cette réforme ; tant que la concussion sera de tradition, il est clair qu'il y aura avantage pour le contribuable à n'avoir affaire qu'au plus petit nombre de fonctionnaires possible. Les caïds, du reste, thésaurisent avec avidité, mais sans aucune sécurité ; chaque année, et même plusieurs fois par an, si le Makhzen a besoin d'argent, ils

sont appelés près de la cour pour y verser le montant des impôts, et ils ne peuvent retourner dans leur tribu qu'après que la permission leur en a été donnée. Lorsqu'ils ont versé les impôts et le cadeau personnel qu'ils offrent, on leur fait bien souvent savoir que le sultan n'est pas content et qu'il trouve leur offrande maigre. Alors les caïds envoient dans leur tribu, font une nouvelle saignée et remettent un supplément au Makhzen. Souvent celui-ci ne les laisse pas partir pour cela, et l'on voit des caïds qui restent de longs mois, même des années, près du Makhzen, sans recevoir l'autorisation de partir, payant périodiquement des sommes énormes. Pendant tout ce temps, les candidats à la succession éventuelle du caïd intriguent contre lui, pour le faire révoquer et répandent l'argent à profusion; le malheureux, averti, tremble et tâche de surpasser ses rivaux en magnificence. Bien souvent, il marche ainsi à l'encontre de son but, car si le Makhzen arrive à le croire vraiment très riche, il accepte son argent et le révoque, confisque ses biens, en même temps qu'il touche également les sommes offertes par le concurrent qui est nommé : on dit alors que ce dernier a « mangé » l'autre. Cependant la révocation, pour un caïd, ce n'est pas seulement la perte de son commandement : c'est la confiscation de tous ses biens, c'est la prison perpétuelle sans espoir d'en sortir, si sa famille ne parvient pas à payer pour lui une énorme rançon, car on ne sort guère autrement des prisons politiques du Makhzen; le traitement qu'y subissent les prisonniers politiques est d'ailleurs si dur que la plupart d'entre eux y succombent. Tout caïd finit tôt ou tard de cette fin misérable, et il en est de même de la plupart des hauts fonctionnaires. Quand, à la suite des intrigues dont la cour ne cesse d'être l'objet, la perte d'un ministre a été résolue, on le jette dans les fers, et des avis envoyés dans toutes les directions prescrivent la confiscation de tous ses biens; ses plus proches parents ont généralement le même sort. Aussi les prisons du Maroc sont-elles pleines d'anciens caïds, d'anciens gouverneurs, d'anciens ministres : il y a là tout un personnel gouvernemental en disponibilité.

« Un des buts de la politique de Moûlaye Hassan, avons-nous dit ailleurs, fut d'amener par tous les moyens possibles toutes les tribus du Maroc à accepter des caïds nommés par lui. Evidemment ces caïds ont des pouvoirs très variables; il y a telle région insoumise, comme les Zemmoûr, le Tâdla, où le caïd, profondément méprisé, n'est juste toléré qu'à condition de ne jamais élever la voix et ne pas parler d'impôts ou d'administration. Dans d'autres régions, comme mainte tribu du Soûs, des Diâra, du Rif, les caïds ont un pouvoir mal assuré et portent au sultan un tribut plus ou moins volontaire de la part des indigènes, qu'on ne saurait évidemment dans ce cas, appeler des contribuables. Le Makhzen sait d'ailleurs accommoder son action aux circonstances, l'adapter au caractère des tribus, ménager les marabouts et les personnages influents, laisser les partis s'user les uns par les autres, maintenir aussi les tribus dans un certain équilibre en utilisant les vieilles haines de race. En cela, les caïds et les hommes d'État marocains sont passés maîtres, et ç'a été le vrai titre de gloire de Moûlaye Hassan d'avoir pratiqué avec assez de constance cette politique pour pouvoir présenter à l'Europe un fantôme d'*État Marocain*. En un sens donc, l'expression de *blad el makhzen*, opposée à celle de *blad es siba*, n'est pas exacte, car tout le Maroc, sous des formes différentes et à des degrés variables, subit l'action du Makhzen, et l'on peut, avec plus d'exactitude, comme le propose M. Gailland, adopter celle de *blâd tâï'a*, opposée à celle de *blâd sâïba*, c'est-à-dire de « pays obéissant » et « pays insoumis »[1].

V. — Conclusion.

Le même mélange de races qui caractérise l'Algérie et la Tunisie se retrouve au Maroc : ni l'anthropologie, ni les données historiques, ni les documents archéologiques ne permettent d'y déterminer une race berbère opposée à une race arabe ; la confusion, à cet égard, est la même dans les deux pays. La linguistique nous montre qu'à une certaine époque une seule langue, dont les débris se retrouvent du désert libyque aux Canaries, a été parlée dans l'Afrique du Nord. Mais le langage est avant tout une manifestation sociale et caractérise non une race mais une société; car, s'il n'y a pas une race berbère, il y a bien une société berbère. Pouvons-nous nous flatter, terminant ainsi par la même idée qui nous guidait dans les premières lignes de ce travail, que celui-ci aura, à défaut d'autre mérite, servi à montrer que cette société est *une* dans toute l'Afrique Mineure? La monotonie avec laquelle, au cours de cet exposé, nous avons dû répéter des locutions comme : « Ainsi que cela se passe en Algérie et en Tunisie », a dû frapper le lecteur, si elle ne l'a pas impressionné désagréablement par son perpétuel retour. Au

[1] **Littérature.** — Sur le Gouvernement et l'Administration du Maroc, on pourra consulter Rohlfs : *Mein 1er Aufenth. in Marokko*, et Meakin : *The moorish empire*, 1 vol., Londres, 1899; mais nous recommandons tout particulièrement le livre déjà cité d'Erckmann : *Le Maroc moderne*, qui présente la peinture la plus vivante du Makhzen que nous connaissions; cette partie du livre est la plus intéressante et rachète grandement les autres faiblesses du livre. Enfin, les pages où sont décrites les campagnes de Moûlaye Hassan ont la valeur de documents. Sur les prisons, voyez Raynaud : *Pénalités marocaines*, dans *Bull. Soc. Géog. Alg.*, 1901.

moins, ces répétitions fastidieuses auront-elles servi à indiquer qu'on ne peut étudier le Maroc sans se reporter à chaque instant aux pays voisins. Par sa structure géologique et géographique, par son climat, par son régime des eaux, par ses races, par son histoire, par toute sa civilisation, le Maroc forme avec le restant du Maghrib un bloc homogène, aussi nettement séparé du reste de l'Afrique par l'immensité des déserts qu'il l'est de l'Europe par les flots bleus de la Méditerranée. Les caprices de la politique ne sauraient voiler les affinités étroites à tous les points de vue qui réunissent indissolublement le Maroc, l'Algérie et la Tunisie ; les efforts que nous avons dû faire pour obtenir une frontière, qui ne fut jamais fixe parce qu'elle ne répond ni à la nature du sol, ni à l'état des populations, ne sont pas moins démonstratifs. Si le Maroc est aujourd'hui si différent de ses deux voisins au point de vue de la civilisation, c'est que son évolution est momentanément retardée par des causes qui lui sont tout extérieures, mais ses destinées manifestes sont celles de toute la société berbère. On répète volontiers que c'est un État en décadence, on le compare à un moribond, on l'appelle un empire qui croule : il croule ainsi depuis douze siècles! En vérité, c'est là une étrange erreur. Le Maroc n'est pas un grand État qui s'est peu à peu désagrégé et dont les membres se disjoignent ; ce n'est pas une nation en voie de dissolution, car il n'est pas encore arrivé au niveau d'une nation. Ce n'est pas un pays que l'excès de la centralisation, engendrant une extrême division du travail, a morcelé : c'est un pays où l'État n'est pas encore homogène, où l'assemblage des parties n'est pas encore cohérent, où les individualités n'ont pas pris connaissance de leur collectivité ; et les luttes du makhzen contre les tribus, les luttes des tribus entre elles, les vendettas des particuliers comme les vieilles haines des groupes, ne sont pas un désordre : elles sont un ordre, l'ordre des sociétés barbares, dans lesquelles toutes ces forces vives se font équilibre et, tout en paraissant un chaos aux yeux des civilisés, constituent un état durable. Peut-être que, par un vice originel, le Maroc s'attarderait dans cette longue enfance, si une tutelle éclairée ne devait aider toute la société berbère à atteindre le complet développement auquel lui permettent d'aspirer les qualités que montrent ses membres, qualités solides d'opiniâtreté dans le travail et de pondération dans les manifestations de l'intelligence.

Edmond Doutté,
Chargé de Cours
à l'École Supérieure des Lettres d'Alger.

REVUE ANNUELLE DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

En inaugurant cette revue de Mécanique appliquée, je tiens à dire, tout d'abord, que je laisserai de côté les questions présentant un intérêt purement industriel, pour m'attacher de préférence à celles qui relèvent de la Science, entendue dans le sens le plus large. Je ne dois pas perdre de vue, en effet, que j'écris pour les lecteurs de la *Revue générale des Sciences*.

Parmi les nombreux Congrès occasionnés par l'Exposition universelle de 1900, figurait un *Congrès international de Mécanique appliquée*, tenu du 19 au 25 juillet, au Conservatoire des Arts et Métiers. Je ferai souvent appel aux publications de cette assemblée. La présidence était dévolue à M. Haton de la Goupillière, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut, qui, dans son discours d'ouverture, insista, en termes élevés, sur les rapports de la théorie avec la pratique. Ne pouvant tout citer, retenons seulement le passage suivant, qui pourrait nous servir d'épigraphe :

« Le praticien qui se laisserait conduire en aveugle et sans discernement par les formules d'une théorie approximative et parfois insuffisamment saisie ne devrait s'en prendre qu'à lui-même des mécomptes résultant de cet excès de confiance mal dirigée. Qu'il accepte avec prudence les secours de la théorie : il ne saurait plus les négliger à l'heure actuelle; mais qu'il s'arrête à temps, sans se livrer les yeux fermés. En outre, que, par une louable réciprocité, il éclaire de son côté le théoricien, en lui signalant ses lacunes, et lui offrant, pour l'aider à les combler, ses propres résultats d'expériences. La main dans la main, la théorie et la pratique pourront ainsi accomplir un bon voyage, continuant et développant encore les merveilleux succès dont nous sommes chaque jour les témoins. »

I. — Moteurs hydrauliques.

En laissant de côté les antiques machines à colonne d'eau et les béliers, on peut dire qu'un moteur hydraulique est constitué par un système solide tournant, sous l'impulsion de l'eau, autour d'un axe fixe. Suivant que l'axe est horizontal ou vertical, on a affaire à une roue ou à une turbine ;

mais la position de l'axe ne modifie pas sensiblement les propriétés du moteur, à moins qu'il ne s'agisse d'une roue d'un diamètre considérable.

La question des turbines a pris, depuis quelques années, une grande importance, due surtout à l'utilisation des chutes d'eau par l'industrie électrique. Les turbines permettent de mettre en œuvre des chutes de toute hauteur (depuis quelques décimètres seulement jusqu'à 600 mètres et plus) et de tout débit (depuis une fraction de litre par seconde jusqu'à 20 mètres cubes et plus). La création et le perfectionnement de ce type de moteur sont dus surtout à des Français. Il convient de rappeler à cet égard les noms de Burdin, Fourneyron, Fontaine, Jonval. Actuellement, la construction ainsi que l'emploi des turbines sont développés principalement en Suisse et en Amérique.

Les types de turbines sont extrêmement variés. L'eau y circule tantôt en s'écartant de l'axe (type centrifuge), tantôt en convergeant vers l'axe (type centripète), tantôt en restant à une distance à peu près constante de l'axe (type hélicoïde). Les turbines sont noyées ou non noyées. Elles fonctionnent avec ou sans réaction : c'est-à-dire que l'eau agit par sa pression ou par sa vitesse.

La théorie des turbines a été ébauchée par Euler, complétée par Poncelet, Combes, le général Morin, Rankine, Weissbach, etc. Elle a été, en dernier lieu, reprise et perfectionnée par M. Rateau. Cette théorie repose essentiellement sur le théorème des moments des quantités de mouvement et sur celui de Bernoulli. La question intéressante, au point de vue pratique, est de savoir comment varie le rendement en fonction des divers éléments de construction. On doit surtout se préoccuper d'atténuer le choc de l'eau à l'entrée de la turbine; à cet effet, il faut faire en sorte que la vitesse relative de l'eau soit la plus petite possible, donner aux canaux mobiles une faible courbure, enfin employer des ailes très minces et taillées en biseau. D'après les recherches de M. Rateau, des turbines de même type, marchant à la même vitesse et dans des conditions analogues, ont des puissances proportionnelles à la puissance 2,5 de la hauteur de chute. Avec une même hauteur de chute, ces turbines ont une vitesse angulaire inversement proportionnelle à la racine carrée de leur puissance.

On peut, d'après le même auteur, caractériser les propriétés d'une turbine au moyen d'un certain nombre de coefficients. Les principaux sont le rendement mécanique, l'ouverture réduite et le coefficient de vitesse : les autres s'expriment aisément en fonction de ceux-là. Le rendement mécanique est le rapport entre la puissance fournie sur l'arbre de la machine et la puissance disponible dans la chute. L'ouverture réduite est le rapport entre le débit et la vitesse de l'eau. Le coefficient de vitesse est le rapport entre la vitesse d'entraînement, estimée à l'entrée, et la vitesse de l'eau. L'expérience prouve que, pour une ouverture donnée du vannage, le rendement et l'ouverture réduite dépendent uniquement du coefficient de vitesse. On peut alors tracer des courbes représentant, en fonction du coefficient de vitesse, les valeurs des deux autres coefficients. Ces courbes sont caractéristiques de chaque type de turbine; elles sont indépendantes de la hauteur de chute et de la grandeur absolue de la turbine.

Les Américains, depuis qu'ils se sont mis à construire en grand des turbines, ont cherché surtout à améliorer le rendement par des perfectionnements de détail. Une station d'essais, installée à Holyoke dans d'excellentes conditions, leur permet de se guider sur des expériences précises. On a été ainsi conduit à modifier la forme ordinaire des aubages. Les pivots des turbines américaines sont généralement en bois de gaïac, même pour les plus grandes puissances, et l'on a reconnu que ces pivots sont pratiquement inusables.

Une chute d'eau de faible hauteur peut communiquer une grande puissance à une turbine, pourvu que celle-ci tourne assez vite; la grande vitesse de rotation a, d'ailleurs, l'avantage de permettre la conduite directe d'une dynamo. Mais on est limité dans cette voie par la nécessité de ne pas diminuer outre mesure le rendement. Il y a une certaine valeur de la vitesse relative de la turbine qui procure le maximum de rendement; il y a une autre valeur de cette vitesse relative qui procure le maximum de puissance. On sera généralement conduit, dans la pratique, à choisir une vitesse relative intermédiaire entre ces deux-là. Quand une seule turbine ne suffit pas pour fournir la vitesse requise, on a recours aux turbines multiples, montées sur un même arbre ou sur des arbres parallèles. L'inconvénient de multiplier les turbines embrochées sur un même arbre vertical est de nécessiter des puits profonds. M. Rateau à proposé de disposer côte à côte un certain nombre de turbines identiques, et de les faire agir, par l'intermédiaire de manivelles parallèles, sur un plateau-bielle qui entraîne à son tour l'arbre principal. M. Prazil, de Zurich, a indiqué l'emploi de deux turbines concentriques, dont la plus grande sert à entraîner le distributeur de la plus petite. Ce distributeur fonctionne alors à la manière d'une pompe. Le débit total se partage en deux : une partie traverse seulement la turbine centrale; l'autre traverse la turbine entière. La turbine centrale reçoit donc moins d'eau que si elle était seule, mais elle reçoit cette eau sous une charge plus grande que la charge due à l'action directe de la chute.

II. — Moteurs a vapeur.

Tandis qu'une chute d'eau livre son énergie sous la forme immédiatement utilisable par un moteur hydraulique, l'énergie renfermée dans la houille doit être tout d'abord transformée en chaleur par la combustion dans un foyer, puis cette chaleur est transmise à une chaudière qui fournit la vapeur capable de faire marcher le moteur. Nous parlerons successivement de la chaudière et du moteur.

Pour être en mesure d'apprécier exactement la valeur comparative de divers types de chaudière, il faut, avant tout, définir sans ambiguïté le pouvoir calorifique des combustibles employés. En France, on fait généralement entrer en ligne de compte la chaleur de condensation de l'eau produite par la combustion de l'hydrogène. Mais cette règle n'est pas partout suivie, et de là résulte une cause fâcheuse d'incertitude. Pour la faire disparaître, le Congrès de Mécanique a émis le vœu : « Que le pouvoir calorifique d'un combustible soit défini de la manière suivante : c'est le nombre de calories que dégage un kilogramme de combustible complètement brûlé sous pression constante, les éléments et les produits de la combustion étant ramenés à 0° et à la pression de 76 centimètres. »

Signalons également un autre vœu émis par le Congrès et concernant la désignation des différents types de chaudières tubulaires. Aux termes de ce vœu, on appellera :

Chaudières à tubes de fumée, les générateurs à tubes baignés par l'eau extérieurement et parcourus intérieurement par les gaz de la combustion (type : locomotive);

Chaudières à tubes d'eau, les générateurs formés de tubes contenant l'eau à l'intérieur et léchés extérieurement par les gaz, en distinguant, s'il y a lieu, les chaudières à gros tubes d'eau (type Belleville) et les chaudières à petits tubes d'eau (type Thornycroft);

Chaudières mixtes, les générateurs comportant à la fois des tubes à eau et des tubes à fumée.

Le phénomène de la vaporisation de l'eau dans les chaudières, et spécialement dans les chaudières à tubes d'eau, a été, au cours de ces dernières années, l'objet d'études intéressantes. Pour obtenir une vaporisation active, il ne suffit pas de chauffer énergiquement la tôle; il faut encore assurer, à l'intérieur de la chaudière, une circulation rapide de l'eau. La création et l'entretien du mouvement circulatoire nécessitent la dépense d'une certaine énergie. Le mécanisme est le suivant : Sous l'influence de la chaleur, des bulles de vapeur se forment. L'augmentation de volume qui en résulte élève le centre de gravité de l'eau et accroît ainsi l'énergie potentielle. A mesure que les bulles s'élèvent, l'énergie potentielle se transforme en force vive. Enfin, la force vive, par l'effet des frottements dus aux remous, se transforme de nouveau en chaleur. M. Brillié, par une analyse approfondie, a pu traduire en formules ces diverses transformations d'énergie. Il distingue, d'ailleurs, la formation statique et la formation dynamique des bulles de vapeur. La formation statique correspond à l'augmentation sur place du volume de la bulle, sans communication de force vive aux molécules liquides : c'est le phénomène qui se réaliserait si les bulles se formaient avec une lenteur infinie. En réalité, il faut tenir compte de la rapidité de formation, et l'effet dynamique n'est généralement pas négligeable.

M. Solignac a traité la même question par l'expérience. Deux récipients sont réunis par un tube en fer de six millimètres de diamètre, auquel on peut donner diverses inclinaisons. On chauffe le tube dans sa partie centrale. Si la pente du tube dépasse, en valeur absolue, le diamètre, le dégagement de vapeur se fait par l'extrémité supérieure. L'eau des deux vases s'échauffe; mais le vase supérieur s'échauffe plus que le vase inférieur. Le niveau reste le même dans les deux vases. Le dégagement de vapeur dans le vase supérieur est continu, avec des périodes d'intensité variable. L'extrémité inférieure du tube ne laisse qu'accidentellement échapper de la vapeur, et de l'eau redescend continuellement de ce côté. La présence d'un diaphragme annulaire à l'extrémité inférieure modifie le phénomène : le dégagement de vapeur se régularise, la descente de l'eau est diminuée, et l'on voit, par suite, l'eau s'élever dans le vase supérieur, tandis qu'elle s'abaisse dans le vase inférieur. Le diaphragme a pour effet de contrarier la formation dynamique des bulles de vapeur. En se basant sur cette expérience, qu'il a variée de plusieurs façons, M. Solignac a créé un type nouveau de chaudière où l'on évite toute circulation inutile de l'eau et où, néanmoins, le dégagement régulier des bulles est assuré grâce à des diaphragmes placés à la partie inférieure des tubes.

De son côté, M. Montupet a cherché à améliorer la circulation de l'eau dans les chaudières du type Field. On sait que ces chaudières comportent des tubes verticaux, fermés par le bas, qui pendent librement dans le foyer et dont chacun renferme à l'intérieur un tube concentrique, ouvert aux deux bouts. L'eau descend dans le tube intérieur, et le mélange d'eau et de vapeur remonte dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes. M. Montupet a remarqué qu'au bas du tube intérieur, le cul-de-sac situé en dehors du courant gêne la circulation. Les bulles de vapeur se détachent péniblement du métal et grossissent sur place, en entravant

la transmission de chaleur. Pour éviter cet inconvénient, il place au-dessous du tube intérieur un petit écran incliné, qui crée en ce point une circulation locale.

En disposant sur le trajet ascendant du fluide, dans une chaudière de forme quelconque, un faisceau de tubes verticaux assez fins pour que les bulles de vapeur les remplissent complètement et séparent les colonnes liquides en tronçons complètement distincts, on provoque une circulation active : tel est le principe des émulseurs Dubiau.

MM. Niclausse ont entrepris des expériences méthodiques en vue de déterminer, aux différentes allures de combustion, la vaporisation de chacun des étages d'un faisceau de tubes à eau placés dans un foyer ; à cet effet, ils ont construit une chaudière dans laquelle chaque étage de tubes avait son alimentation distincte ainsi que son évacuation de vapeur. Ils ont conclu de leurs expériences que, pour une chaudière donnée, quelle que soit l'allure de combustion, la vaporisation de chaque étage représente toujours sensiblement la même proportion de la vaporisation totale. Sauf des cas exceptionnels, il n'y a pas, d'après eux, intérêt à rechercher des rapports de surface de chauffe à surface de grille supérieurs à 40.

MM. Wahl et de Nittis ont tâché de supprimer le danger des coups de feu en interposant, entre l'eau et la flamme du foyer, une sorte de matelas d'huile minérale. Cette huile, bouillant à plus de 400°, ne possède, à la température d'ébullition de l'eau, qu'une pression insignifiante.

Arrivons au moteur à vapeur proprement dit.

La détermination du travail développé dans un cylindre de machine à vapeur s'effectue, comme l'on sait, au moyen de l'indicateur de Watt ou d'un appareil analogue : cet appareil trace automatiquement un diagramme dont les abscisses sont proportionnelles au chemin parcouru par le piston, tandis que les ordonnées mesurent les pressions correspondantes ; l'aire du diagramme est proportionnelle au travail total ; mais, si l'on mesure ainsi le travail, on ne voit pas immédiatement à quel prix il est obtenu. L'emploi du *diagramme entropique* permet de combler cette lacune. Dans ce diagramme, imaginé par Belpaire dès 1872, on prend comme abscisse l'entropie et comme ordonnée la température absolue. La différentielle dS de l'entropie étant, pour chaque transformation élémentaire du corps, égale par définition à l'absorption dQ de chaleur divisée par la température absolue T, il est clair que le produit de cette différentielle par T n'est autre chose que dQ, et que, par conséquent, l'aire élémentaire, TdS, du diagramme entropique mesure à chaque instant l'absorption de chaleur. Les effets thermiques se trouvent ainsi mis en évidence avec la plus grande netteté. Il n'existe pas, malheureusement, d'indicateurs capables de tracer le diagramme entropique; mais, en ayant recours aux formules connues de la Thermodynamique, on peut transformer graphiquement le diagramme du travail en diagramme entropique. Cette opération est facilitée par l'emploi d'abaques fournissant le tracé, fait à l'avance, de certaines courbes qui demeurent toujours les mêmes, par exemple les courbes figurant, en fonction de la température, l'entropie de la vapeur saturée, celle de la vapeur sèche, celle de l'eau, la tension et le volume spécifique de la vapeur saturée, etc.. M. Boulvin, en Belgique, a poussé très loin l'emploi du diagramme entropique. Ainsi qu'il l'a fait voir, les figures entropiques fournissent directement les pertes de chaleur provenant de l'action des parois, de l'espace mort, des étranglements ; elles donnent, en outre, la marche du titre, c'est-à-dire la proportion d'eau liquide contenue dans le fluide évoluant.

Le diagramme entropique n'est immédiatement applicable qu'à une masse fluide contenue dans un vase clos, comme cela arrive pendant la détente et pendant la compression. Dans les périodes d'admission et d'échappement, il ne faut pas perdre de vue que la masse évoluant dans le cylindre n'est pas constante et que, dès lors, la variation d'entropie provient à la fois du changement de poids et des échanges de chaleur. Il faut, pour arriver dans ces conditions à des conclusions exactes, interpréter le diagramme entropique en représentant fictivement ce qui se passe à l'extérieur du cylindre.

La notion d'entropie suppose, d'autre part, que les phénomènes considérés sont réversibles. Il semblerait donc que, dans le cas général des phénomènes irréversibles, le diagramme entropique ne pût plus être employé.

M. Lelong a cherché à lever cette restriction. Le diagramme qu'il construit a pour ordonnée, comme le diagramme entropique, la température du fluide ; mais l'abscisse x est définie par la condition que l'aire élémentaire $(x - S)\,dT$, mesurée à partir de la courbe d'entropie de l'eau, soit égale à la quantité de chaleur $Avdp$ correspondant au travail vdp mesuré sur le diagramme d'indicateur, A étant l'équivalent calorifique du travail. En d'autres termes, l'abscisse x est égale à $S + Av\frac{dp}{dT}$, S désignant l'entropie de l'eau et $\frac{dp}{dT}$ étant la dérivée de la pression par rapport à la température. Cette dérivée est donnée par les tables de Zeuner.

Pour les phases réversibles, il y a coïncidence du diagramme ainsi défini avec le diagramme entropique. Le diagramme de M. Lelong ne se rap-

porte plus, comme le diagramme entropique, à un poids fixe de fluide, mais bien à la masse variable renfermée dans le cylindre. M. Lelong a appliqué, en particulier, sa méthode à l'étude du fonctionnement économique des machines à vapeur à expansion multiple.

La question importante des échanges de chaleur entre les parois du cylindre et le fluide évoluant peut être abordée par des méthodes autres que celle du diagramme entropique. M. Nadal a essayé de soumettre cette question à l'analyse mathématique, comme application de la théorie de Fourier. Il faut, avant tout, connaître les lois de la propagation de la chaleur dans une paroi métallique soumise à l'action d'une source de chaleur de température variable. On a reconnu expérimentalement que la température moyenne de la paroi surpasse celle de la vapeur, et cette circonstance, due sans doute à une différence entre le pouvoir absorbant et le pouvoir émissif, par suite des condensations, complique beaucoup les calculs.

Dans le même ordre d'idées, on doit citer les expériences de M. Bryan Donkin : pour observer les phénomènes de condensation et de vaporisation dans le cylindre, cet ingénieur met l'intérieur en communication avec un *révélateur* constitué par une capacité cylindrique à double enveloppe de verre, avec couche d'air interposée. Celle-ci est destinée à éviter la transmission de chaleur au dehors du révélateur. Sur les parois de verre, on voit se déposer des gouttelettes, plus ou moins grosses suivant la différence de température de la vapeur et du verre; ces gouttelettes paraissent toujours en mouvement. On n'observe jamais la formation d'une couche d'eau continue.

La condensation de l'eau sur les parois est un phénomène nuisible, parce qu'elle facilite les échanges de chaleur entre le fluide et le métal. La chaleur soutirée de cette manière traverse en partie les parois et va se perdre au dehors; le surplus s'emmagasine dans les parois pour rentrer dans le cylindre dès que s'abaisse la température de la vapeur. Pendant la détente, le réchauffement de la vapeur est accompagné d'un supplément de travail; mais il n'en est pas de même pendant l'échappement : toute la chaleur reprise à ce moment par le fluide est définitivement perdue. Cette perte est d'autant plus forte que la vapeur est plus humide au début de l'échappement. Aussi M. Dwelshauvers-Déry, qui a bien mis en lumière ces phénomènes, a-t-il formulé le principe suivant: « La marche la plus économique d'une machine à vapeur est obtenue lorsque, par un procédé quelconque, on est parvenu à faire en sorte que le métal des parois du cylindre soit absolument sec sur sa face interne dès le commencement de l'émission. »

Ce principe explique en partie l'utilité de la chemise de vapeur et celle de la surchauffe. Mais, aujourd'hui, on pousse souvent la surchauffe bien plus loin que ne l'exigerait la suppression des condensations. La théorie montre que, même en tenant compte du supplément de combustible nécessaire pour réaliser une pareille surchauffe, le rendement thermique se trouve ainsi amélioré; d'ailleurs, le surchauffeur est ordinairement installé de manière à utiliser les flammes perdues. Un autre avantage, très appréciable, de la surchauffe consiste dans la diminution de la résistance éprouvée par la vapeur à son passage dans les tuyaux. L'emploi de la vapeur surchauffée n'est devenu pratique que grâce à l'emploi d'huiles minérales, difficilement inflammables, et de presse-étoupe à garnitures métalliques ou en amiante.

La tendance actuelle des constructeurs est d'augmenter de plus en plus, dans les machines à vapeur, la vitesse de rotation de l'arbre principal. Cette tendance s'explique par diverses raisons. D'abord, on peut se rendre compte que, pour produire un travail déterminé dans un temps donné, il est plus économique d'employer un petit cylindre dans lequel circule rapidement la vapeur qu'un gros cylindre à marche lente : car on diminue ainsi la part proportionnelle des phénomènes de condensation et l'on diminue aussi les frais d'établissement ainsi que l'encombrement. En outre, la vitesse plus grande permet généralement de simplifier les transmissions aux outils. La principale difficulté qu'on rencontre dans la réalisation des grandes vitesses provient des réactions et des chocs dus aux forces d'inertie des pièces à mouvement alternatif. Pour atténuer cet effet, il faut, comme l'a montré M. Lefer, que l'excès du moment moteur sur celui des forces d'inertie soit, au début de la course du piston, égal ou supérieur au moment que possèdent les forces d'inertie à la fin de la course. On est ainsi conduit à l'emploi de pressions initiales élevées, combiné avec celui des fortes détentes, ce qui est d'ailleurs avantageux au point de vue de la bonne utilisation de la chaleur. De là résultent des variations considérables du moment moteur; on peut néanmoins, grâce à la grande vitesse de rotation, se contenter d'un volant de dimensions modérées. D'ailleurs, pour réduire encore le volant, on aurait, si l'on voulait, la ressource, indiquée jadis par Raffard, de lui faire porter des masses mobiles rappelées par des ressorts, et capables, en s'éloignant plus ou moins du centre, d'emmagasiner de l'énergie sous forme potentielle. En soumettant cette question au calcul, j'ai montré que le procédé de Raffard, convenablement appliqué, est capable de donner de bons résultats.

Le grand obstacle à l'augmentation de vitesse

réside, comme nous venons de le dire, dans l'inertie des pièces à mouvement alternatif. Pour combattre en partie cet effet, on peut allonger chaque cylindre et y placer deux pistons conjugués par des manivelles à 180° de façon à marcher en sens contraire. L'idée n'est pas nouvelle; on peut lui reprocher les complications de construction qui en résultent. A l'Exposition de 1900, la machine compound Merz présentait un exemple de cette disposition.

Un moyen plus radical consiste à supprimer entièrement les pièces à mouvement alternatif, en donnant à tout le système un mouvement de rotation continu. Cette solution, depuis longtemps réalisée dans les moteurs hydrauliques, a souvent été essayée pour les moteurs à vapeur; mais, si l'on veut construire un moteur rotatif à piston dans lequel la vapeur agisse uniquement par sa pression, on se heurte à des difficultés pratiques, telles que les frottements et les fuites aux joints. La question a été reprise, dans ces dernières années, par M. Le Rond. Son moteur rotatif présente plusieurs enceintes dans lesquelles la vapeur se détend successivement. Cette disposition, jointe à la grande vitesse de rotation et à une construction soignée, a permis de réduire les fuites à peu de chose et le fonctionnement paraît satisfaisant.

Au lieu de faire travailler la vapeur par sa pression, on peut utiliser l'énergie du fluide sous la forme cinématique et l'on obtient alors une turbine à vapeur. On revient ainsi, au xxe siècle, à l'antique éolipyle de Héron d'Alexandrie et surtout à la machine de Giovanni Branca qui, au xviie siècle, faisait tourner une roue par l'impulsion d'un jet de vapeur.

Il existe, pour les turbines à vapeur, une classification analogue à celle des turbines hydrauliques. Mais il faut surtout distinguer les turbines à réaction, dans lesquelles la vapeur travaille par sa pression en même temps que par sa force vive, et les turbines à action, qui utilisent uniquement la force vive.

Parmi les turbines à vapeur les plus répandues à l'heure actuelle, citons la turbine Parsons et la turbine de Laval. L'une et l'autre sont à axe horizontal. La turbine Parsons appartient au type à réaction; la détente est fractionnée entre plusieurs disques successifs. La turbine de Laval est du type à action; la détente de la vapeur est effectuée complètement avant l'arrivée à la turbine.

La turbine à action et la turbine à réaction ont chacune ses avantages et ses inconvénients. La turbine à réaction fonctionne à une allure modérée, facile à réaliser sans précautions particulières et permettant souvent de supprimer les transmissions par engrenages. Par contre, elle éprouve, comme les moteurs rotatifs à piston, mais à un moindre degré, des fuites dues au jeu existant entre les parties fixes et les parties tournantes. Quand l'appareil est neuf, ce jeu peut être réduit à peu de chose; néanmoins, on ne saurait le supprimer complètement, sans quoi les légères déformations dues à la force centrifuge et les vibrations de l'axe amèneraient des contacts fâcheux entre la turbine et son enveloppe. Ce jeu tend, d'ailleurs, à augmenter peu à peu par le fait de l'usure. Le fractionnement de la détente entre plusieurs disques successifs permet de combattre jusqu'à un certain point les fuites; mais c'est là une complication qui augmente le prix de revient.

La turbine à action ne craint guère les fuites, puisque la vapeur lui arrive entièrement détendue. Mais le fluide circule avec une vitesse considérable, atteignant par exemple un millier de mètres par seconde pour une détente de 10 kilogs.

Pour recevoir, sans choc violent, l'impulsion d'un pareil jet, il faut donner à la turbine elle-même une vitesse très grande. Certaines turbines de Laval n'effectuent pas moins de 500 tours par seconde. Cette grande vitesse a l'inconvénient d'exiger l'interposition, entre la turbine et l'appareil à mouvoir, d'un engrenage qui, malgré tout le soin apporté à sa construction, consomme une certaine part de travail; en outre, le disque éprouve, de la part du milieu ambiant, un frottement qui entraîne également une perte sensible.

Il va sans dire que, pour faire tourner un disque aussi rapidement, l'on doit prendre des précautions particulières contre les effets de la force centrifuge. Il faut lui donner un profil qui corresponde autant que possible à la forme d'égale résistance déterminée par le calcul; il faut aussi que le système soit parfaitement équilibré. On arrive à faire en sorte que le centre de gravité ne soit pas à plus de cinq millièmes de millimètre de l'axe de rotation. M. de Laval a, d'ailleurs, reconnu l'utilité de laisser à cet axe une certaine flexibilité : grâce à cette précaution, la turbine se maintient dans l'espace en vertu de sa stabilité propre, analogue à celle d'une toupie, c'est-à-dire avec des vibrations imperceptibles à l'œil, tandis qu'un axe absolument rigide supporterait des efforts capables de tout fausser.

M. Rateau, à la suite d'expériences prolongées, estime que le type le plus avantageux, au point de vue du rendement, est intermédiaire entre les types Parsons et de Laval; d'après lui, il convient de ne pas détendre complètement la vapeur et de conserver à celle-ci une pression un peu plus élevée que celle de l'échappement. Cet ingénieur donne à chacune des aubes la forme d'un ω disposé sur la tranche du disque, symétriquement par rapport au plan médian. Le jet de vapeur, dirigé dans ce plan médian, se bifurque sur le biseau central de l'aube. Cette disposition a l'avantage de supprimer tout effort parallèle à l'axe.

Pour réaliser de très grandes puissances, sans exagérer outre mesure la vitesse, on construit des turbines à disques multiples calés sur le même arbre. La difficulté est alors, comme pour le type Parsons, d'éviter que la vapeur ne passe directement d'un disque au suivant sans produire l'effet voulu. M. Rateau combat cette cause de pertes en interposant des diaphragmes fixes, qui adhèrent à l'enveloppe extérieure et s'avancent jusqu'au voisinage de l'arbre. La maison Bréguet arrive au même résultat en effectuant la détente dans les distributeurs fixes et faisant fonctionner chaque disque à la façon d'une turbine de Laval, c'est-à-dire sans réaction. Pour annuler les poussées parallèles à l'axe, elle fait en sorte que la vapeur, après avoir parcouru dans un certain sens, par rapport à l'axe, une première série de turbines, circule en sens contraire à travers une seconde série. La maison Bréguet a étudié, sur ces bases, une machine motrice de torpilleur, comportant trois éléments, savoir : un élément central à haute pression (16 kil. 5) et deux éléments à basse pression dans lesquels s'achève la détente. Cette division a pour but de pouvoir actionner trois hélices. La vitesse de rotation est de 2.000 tours à la minute. L'élément à haute pression développe 700 chevaux; les deux autres représentent chacun 650 chevaux.

La théorie des turbines à vapeur est fort délicate; elle repose à la fois sur les principes généraux de la Mécanique et sur les formules de Thermodynamique. Les lois de l'écoulement de la vapeur, qui jouent ici un grand rôle, ne sont pas encore pleinement élucidées. Un point, cependant, paraît acquis : si l'on veut obtenir une détente complète de la vapeur dans les tuyères amenant la vapeur à la turbine, il faut, dès que la pression d'amont dépasse le double environ de la pression d'aval, employer des tuyères dont la section, après avoir diminué progressivement jusqu'à une certaine limite, augmente ensuite en approchant de l'ouverture libre. L'emploi de ces tuyères convergentes-divergentes était déjà connu pour les injecteurs d'alimentation; M. de Laval les a appliquées à ses turbines.

Les turbines se recommandent par la simplicité de leurs dispositions, par la grandeur du travail qu'elles peuvent fournir sous un petit volume (on arrive à ne pas dépasser un poids de 1.500 grammes par cheval); par l'uniformité de rotation, due à la constance du couple moteur, et avantageuse en particulier pour la conduite des dynamos; enfin, dans certains cas, par la vitesse de cette rotation. Au point de vue du rendement, elles ne sont pas plus avantageuses que les machines ordinaires à piston; il faut compter sur une consommation d'au moins cinq à six kilogs de vapeur par cheval et par heure. La consommation est d'autant moindre que la puissance est plus élevée. L'emploi d'un condensateur améliore notablement le rendement. La surchauffe est moins intéressante pour les turbines que pour les moteurs à piston, parce que la permanence de température des parois s'oppose aux phénomènes de condensation; cependant, la surchauffe a l'avantage de réduire la résistance éprouvée par le fluide dans sa circulation à travers l'appareil, ainsi que le frottement sur les disques.

III. — Moteurs a gaz et a pétrole.

On connaît le développement considérable donné à l'emploi des moteurs à pétrole par l'industrie des automobiles. Nous laisserons ici de côté cette application spéciale.

Le moteur Diesel, à forte compression et combustion relativement lente, a déjà été décrit et discuté dans la *Revue générale des Sciences*. M. Diesel, qui assistait au Congrès de 1900, a soutenu une fois de plus, à cette occasion, que la combustion isothermique du pétrole est capable de donner un meilleur rendement que la combustion explosive, communément adoptée. Cette idée me paraît inexacte : dans une communication faite en 1902 à l'Académie des Sciences, j'ai établi que, pour un même degré de compression initiale, tout ralentissement de la combustion a pour conséquence une diminution de rendement. Le grand avantage de la combustion progressive consiste, étant donnée la limite de pression qu'on ne peut dépasser sans danger dans le cylindre, à permettre une compression initiale plus forte que dans le cas de la combustion explosive. On profite ainsi de l'amélioration de rendement due à l'augmentation de compression. Un fait intéressant, signalé par M. Diesel, est la possibilité de substituer à l'inflammation du pétrole celle de poussière de charbon. D'après l'inventeur, grâce aux pressions élevées qu'on réalise dans son moteur, la combustion de cette poussière est presque parfaite, et le résidu incombustible est facilement entraîné par les produits gazeux.

Le moteur Banski présente également une forte compression; mais, au lieu de faire, comme dans le moteur Diesel, une injection progressive de pétrole, on introduit celui-ci d'un seul coup avec l'air comburant, et, pour éviter que l'échauffement dû à la compression n'amène une explosion prématurée, on mélange de l'eau au pétrole. La présence de la vapeur d'eau a, d'ailleurs, l'avantage de réduire la perte de chaleur par les parois; par contre, elle augmente la perte de chaleur par l'échappement. Tout compte fait, l'expérience montre que le rendement est satisfaisant.

M. Ra iney a exécuté récemment des essais en

vue d'élucider cet effet de l'injection de l'eau dans le cylindre d'un moteur à pétrole. Il a vérifié que, pour une consommation donnée de pétrole, la présence de l'eau procure une augmentation de puissance et une marche plus douce, jusqu'à ce que le dosage d'eau égale celui de pétrole. Au delà, il y a des ratés d'allumage. Les phénomènes paraissent être assez complexes. On suppose que, sous l'action combinée de la haute température et de la compression, la vapeur d'eau décompose partiellement les hydrocarbures en produits plus légers.

M. Letombe, guidé par la Thermodynamique, s'est proposé de construire un moteur dont le cycle présente une explosion précédée d'une forte compression et suivie d'une détente prolongée. Le cycle est à quatre temps, comme dans la plupart des moteurs à gaz, mais avec cette particularité que l'aspiration du mélange tonnant n'occupe qu'une partie de la course du piston. L'augmentation de détente a l'inconvénient d'exiger, toutes choses égales d'ailleurs, un plus gros cylindre pour l'obtention d'une puissance déterminée; mais M. Letombe a reconnu que, grâce à cette détente prolongée, l'échauffement était assez faible pour permettre de faire travailler le piston sur ses deux faces. Quelque temps après, il a eu l'idée d'utiliser l'espace occupé par la glissière cylindrique de son moteur pour adjoindre, sans augmentation de l'encombrement, un cylindre supplémentaire à simple effet, et il a ainsi constitué un *moteur monotriplex*, dans lequel les trois distributions demeurent séparées et peuvent être isolées les unes des autres, même en marche. Ce moteur fournit une grande puissance sous un petit volume et, grâce à sa longue détente, il fonctionne d'une manière économique. L'action du régulateur s'exerce d'une façon particulière : son rôle consiste à réduire la surface du cycle par une augmentation du travail négatif de compression, ce qui, loin de nuire au rendement, a, au contraire, pour effet de l'augmenter.

Le cycle à quatre temps a l'inconvénient de ne donner qu'un temps moteur sur quatre et d'exiger, par suite, un volant et des dimensions de cylindre relativement considérables. On a cherché, et l'on cherche encore le meilleur moyen de revenir au cycle à deux temps sans perdre les avantages du balayage du cylindre et de la compression. Signalons, entre autres, le moteur Kœrting, à deux temps et à double effet : le cylindre unique, très allongé, est percé en son milieu d'une couronne d'orifices que le piston démasque vers la fin de sa course, de manière à permettre l'échappement des gaz brûlés; au même instant, une pompe à air envoie dans le cylindre un courant qui le balaie; puis bientôt une pompe à gaz envoie à son tour le combustible qui se mélange à l'air. Le piston, en revenant en arrière, comprime ce mélange dans la culasse du cylindre. A l'instant où sa vitesse change de sens, une étincelle électrique provoque l'explosion. Les mêmes phénomènes se reproduisent alternativement sur les deux faces du piston. Le régulateur agit sur le tiroir de la pompe à gaz, de façon à proportionner la teneur du mélange explosif au travail exigé du moteur.

L'un des faits les plus importants qui se soient produits, depuis quelques années, dans le domaine de la Mécanique appliquée est sans contredit l'utilisation directe des gaz de hauts-fourneaux par des moteurs de grande puissance. Il y avait là des millions de chevaux-vapeur qui demeuraient sans emploi et dont la perte constituait un véritable gaspillage de combustible. Tout le monde le savait; mais on se figurait que les gaz de hauts-fourneaux seraient trop pauvres, ou tout au moins d'une richesse trop variable, pour assurer la marche régulière d'un moteur; on craignait aussi le mauvais effet des poussières entraînées à la sortie du gueulard, ainsi que celui des variations de pression accompagnant le chargement des hauts-fourneaux. L'expérience a fait justice de ces objections; on a reconnu qu'avec des précautions convenables il était possible d'obtenir des moteurs marchant sans à-coups et sans obstruction des soupapes. La maison Cockerill a construit des machines de 6 à 700 chevaux qui donnent les meilleurs résultats. Des essais faits à Seraing, en 1900, sur un moteur de 600 chevaux alimenté par les hauts-fourneaux de l'usine et servant à actionner une machine soufflante, ont indiqué un rendement thermique qui dépasse 27 %. Nous pourrions répéter à cet égard l'observation déjà faite plus haut sur la manière d'évaluer le pouvoir calorifique des combustibles.

Le succès obtenu dans l'emploi direct des gaz pauvres de hauts-fourneaux a donné l'idée d'utiliser d'une façon analogue les gaz, encore plus pauvres et de composition encore plus variable, produits par la combustion lente des ordures ménagères. Quelques essais ont été entrepris; mais, jusqu'à présent, on a obtenu des résultats plus pratiques en faisant brûler ces ordures dans le foyer d'une chaudière à vapeur. Une grande ville peut ainsi trouver dans les déchets de sa propre existence une partie de l'énergie nécessaire pour s'éclairer électriquement et pour faire marcher ses tramways.

A côté des moteurs à gaz et à pétrole, il faut mentionner les moteurs à alcool, dont on s'occupe beaucoup depuis quelque temps. L'alcool développe moins de chaleur que le pétrole; mais cette infériorité est, jusqu'à un certain point, compensée par un meilleur rendement thermique, dû sans doute à la présence de la vapeur d'eau dans les gaz de

l'alcool. Avec l'alcool carburé par 50 % de benzine, les résultats deviennent tout à fait comparables à ceux que fournit le pétrole. Les mêmes moteurs peuvent servir; il faut seulement modifier le carburateur, et changer, en particulier, le poids du flotteur à niveau constant. Nous n'avons pas à insister ici sur le grand intérêt agricole qui s'attache à l'emploi industriel de l'alcool, non plus que sur les difficultés fiscales qu'on rencontre dans cette voie, et qui soulèvent le problème de la dénaturation.

IV. — Machines-outils.

La tendance de l'industrie moderne est de substituer, partout où la chose est possible, le travail à la machine au travail à la main, l'ouvrier n'intervenant plus que pour surveiller et diriger le fonctionnement de la machine. C'est surtout dans les grands ateliers de construction que cette tendance se manifeste d'une façon remarquable. La *machine-outil* est devenue l'organe essentiel, universel, s'adaptant aux besognes les plus variées et les exécutant dans des conditions de précision et de rapidité jadis inconnues. On est arrivé à ce résultat par l'application du grand principe de la division du travail, qui permet de demander à chaque outil une besogne simple, toujours la même. Il a fallu, pour cela, développer la fabrication en série, dans laquelle les pièces élémentaires destinées à être assemblées ont des formes aussi peu variées que possible; un autre avantage de ce genre de fabrication consiste à avoir des pièces interchangeables, pouvant, en cas d'avarie, se substituer sans tâtonnement les unes aux autres.

Les Américains sont passés maîtres dans l'établissement et dans l'emploi des machines-outils. Il faut citer, entre autres, le *tour à revolver*, dans lequel une suite d'outils se substituent automatiquement les uns aux autres, ne lâchant chaque pièce que quand elle est complètement terminée. Dans certains cas, tels que celui de la machine à vis, le même bâti porte deux revolvers, qui saisissent et travaillent la pièce à tour de rôle.

La puissance de production des machines-outils est limitée principalement par l'échauffement du tranchant. A ce point de vue, il est avantageux de multiplier le nombre des tranchants, et de donner à chacun d'eux une durée d'action très courte, suivie d'une période de refroidissement. Ce fait explique l'emploi, chaque jour plus répandu, des *fraiseuses*, dans lesquelles l'organe essentiel est un corps de révolution tournant autour de son axe et muni d'une couronne de tranchants.

Un autre progrès qui tend à se généraliser dans l'installation des ateliers consiste à remplacer les courroies de transmission par des organes moins encombrants, moins dangereux et plus faciles à modifier. On a d'abord employé des transmissions funiculaires, avec lesquelles une simple corde, convenablement guidée, met en mouvement un outil placé d'une façon quelconque dans l'atelier. On utilise également les transmissions pneumatiques. Mais c'est surtout l'électricité qui fournit la solution du problème. Elle permet, comme le faisait remarquer M. Richard au Congrès de Mécanique, la mobilisation perpétuelle de la plupart des machines-outils. Elle donne à chaque appareil une vie presque indépendante. Les transmissions électriques partagent, d'ailleurs, avec les transmissions pneumatiques l'avantage de ne rien consommer en dehors des périodes de travail. On sait que l'Exposition Universelle réalisait, sur une grande échelle, cette substitution des transmissions électriques aux transmissions mécaniques.

La machine-outil n'est qu'un exemple, pris entre mille, de l'application de la force motrice aux besoins industriels. Un autre exemple important est fourni par les machines servant à élever l'eau. Les pompes à piston sont fréquemment à marche lente. On trouve à cela l'avantage d'atténuer les frottements et les pertes de charge; par contre, la lenteur de marche oblige à exagérer les dimensions et à compliquer les transmissions. Aussi les constructeurs s'efforcent-ils d'établir des pompes présentant à la fois une marche rapide et un bon rendement. Il faut, à cet effet, donner à l'eau de larges accès et avoir des soupapes qui se lèvent en grand sans, pour cela, se fermer tardivement. Les pompes centrifuges sont d'un emploi commode; mais souvent leur rendement laisse à désirer. Pour refouler l'eau, au moyen d'une pompe centrifuge, jusqu'à une grande hauteur, on est obligé de faire tourner très rapidement l'appareil. Une autre solution consiste à disposer en cascade une série de pompes dont chacune aspire l'eau venant de la précédente et l'envoie à la suivante. Ces pompes peuvent d'ailleurs, ainsi que l'a fait M. Rateau, être réunies dans une enveloppe unique, de façon à constituer une pompe multicellulaire.

V. — Recherches diverses.

Pour les machines de toute nature, aussi bien pour les moteurs que pour les outils, la principale résistance passive est celle qui provient du frottement. Afin de diminuer le frottement, il faut que les surfaces frottantes soient travaillées avec soin, pourvues d'un jeu suffisant et lubréfiées au degré convenable. Un ingénieur russe, M. Petroff, a repris l'étude théorique et expérimentale du frottement dans les machines. Il a remarqué que, du moment où la lubréfaction est suffisante, la couche

liquide sépare complètement les deux surfaces frottantes. En d'autres termes, le frottement n'est pas *immédiat*; il est, au contraire, *médiat*, c'est-à-dire qu'il s'exerce par l'intermédiaire du liquide, et l'on est ainsi ramené à une question d'Hydrodynamique. M. Petroff a déduit de là des formules nouvelles, qu'il a vérifiées par de nombreuses expériences et qui lui ont permis de résoudre la question suivante : choisir entre plusieurs huiles données celle qui permet de réduire au minimum la dépense totale de graissage et de combustible. Le choix à faire dépend naturellement des relations de prix existant entre les diverses huiles et aussi du prix de la houille consommée. Le problème est donc fort complexe; M. Petroff a donné des procédés graphiques qui permettent de simplifier les calculs.

Une conséquence importante, déjà entrevue jadis par Hirn, est que le frottement des appareils bien graissés, au lieu de demeurer constant, comme dans le cas du contact de deux solides, varie proportionnellement à la vitesse. Cette conséquence ne peut être rigoureusement exacte, sans quoi le frottement au départ serait nul; mais, en pratique, elle peut être admise pour une machine en marche. J'ajoute qu'au point de vue des calculs théoriques, il est beaucoup plus commode de faire entrer en ligne de compte une résistance proportionnelle à la vitesse qu'une résistance constante, parce qu'alors les mouvements alternatifs peuvent être embrassés dans une seule et même formule.

Il résulte encore de là qu'avec un bon graissage, des patins de glissement produisent, dans le cas de faibles vitesses, une résistance insignifiante; on peut, d'ailleurs, en augmentant leur surface, atténuer, autant qu'on le désire, la pression qu'ils supportent par unité de surface. A ce point de vue, l'emploi des patins est plus avantageux que celui des galets roulants, qui supportent nécessairement un effort considérable par unité de surface, et cela explique que certains constructeurs (le Creusot notamment), lorsqu'ils ont à établir des chariots transbordeurs de grandes dimensions, remplacent volontiers les galets par des patins.

La résistance propre d'une machine peut être étudiée expérimentalement. Le capitaine Leneveu a imaginé un dynamomètre de rotation enregistreur, qui permet la mesure rapide du travail absorbé par un appareil quelconque à transmission, machine-outil, etc. L'idée première de cet appareil remonte à Poncelet. Deux plateaux, calés sur deux arbres tournants, sont reliés par des ressorts. Le système étant intercalé entre le moteur et la machine que l'on veut essayer, la flexion des ressorts mesure à chaque instant l'intensité de l'effort transmis. Des enregistreurs inscrivent, d'une part cette intensité, de l'autre la vitesse de rotation. L'appareil du capitaine Leneveu présente des détails de construction qui assurent son bon fonctionnement; citons seulement la disposition des ressorts. Ils sont au nombre de deux, diamétralement opposés et conjugués par un balancier assurant la parfaite égalité de leurs tensions, de manière à supprimer tous les efforts qui tendraient à désaxer les plateaux. Comme application, M. Leneveu cite la comparaison à faire entre divers systèmes de paliers, dont certains paraissent très économiques parce qu'ils consomment très peu d'huile, alors qu'en réalité ils coûtent cher par suite de l'augmentation de puissance motrice qu'ils nécessitent.

Parmi les recherches expérimentales intéressant la Mécanique appliquée, nous devons mentionner, d'une façon spéciale, les travaux de M. Rabut. Cet ingénieur s'est proposé de soumettre à l'observation directe les déformations qui se produisent dans les diverses parties d'un ouvrage d'art, tel qu'un pont métallique. Les appareils qu'il a imaginés à cet effet permettent de mesurer avec précision les allongements locaux, les variations d'angles, etc. Ils ont montré que, dans un pareil ouvrage, toutes les parties sont solidaires comme les membres d'un même corps et que les méthodes usuelles de calcul, en faisant abstraction de cette solidarité, donnent souvent des résultats trompeurs. On est ainsi conduit à assurer, dans les constructions neuves, une meilleure répartition de la matière première; on peut aussi, guidé par cette sorte de méthode d'*auscultation*, déterminer, pour un ouvrage ancien dont la solidité inspire des doutes, les parties qu'il convient de renforcer, de manière à obtenir, avec le minimum de frais, une consolidation satisfaisante. Il est probable que la méthode de M. Rabut est appelée à s'appliquer dans tous les cas qui relèvent de la théorie de l'élasticité et de la résistance des matériaux et notamment pour la construction rationnelle des pièces de machines.

L'étude scientifique des matériaux de construction prend, d'ailleurs, une importance chaque jour grandissante. Une Commission officielle, dite des méthodes d'essai, instituée par décret, en 1891, sur le rapport du Ministre des Travaux publics, a publié sur ce sujet, à diverses reprises, des documents fort importants. Un Congrès tenu en 1900 s'est occupé de la même question. Aux anciens procédés, plus ou moins empiriques, servant à déterminer la résistance à la traction, à la compression, à la torsion, au choc, etc., on substitue peu à peu les méthodes précises des physiciens et des chimistes. Ici encore, nous voyons la science pure éclairer la pratique et emprunter à celle-ci, en retour, de précieuses indications.

L. Lecornu,
Ingénieur en chef des Mines,
Professeur à l'Ecole supérieure des Mines.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Freycinet (C. de), *Membre de l'Institut.* — **De l'Expérience en Géométrie.** — 1 *vol. in-8° de* XX-175 *pages.* (*Prix* : 4 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

Ce n'est pas sans raison que le très élégant et attachant petit volume de 175 pages dont je voudrais essayer d'indiquer ici la substance n'est pas intitulé : *Des fondements de la Géométrie.*

Les fondements de la Géométrie, bien qu'un pareil sujet ne soit jamais épuisé, sont aujourd'hui bien connus. Ils l'étaient virtuellement après que, d'une part, Gauss eut découvert les invariants différentiels attachés à l'élément linéaire sur une surface, notamment l'invariance si merveilleuse et si inattendue de la courbure, et que, d'autre part, Lagrange eût fourni ce résultat plus merveilleux encore : qu'un problème de Dynamique est, aux forces de liaison près, défini quand on se donne l'expression de la force vive du système mobile et celle du travail virtuel des résistances extérieures qu'il a à vaincre, ce qui ramenait la Mécanique à l'étude d'une classe d'invariants attachés à l'élément linéaire dans un espace plan ou courbe à un nombre quelconque de dimensions.

Après de telles révélations, la nature du postulatum d'Euclide ne pouvait pas longtemps demeurer à l'état d'énigme; les travaux d'Helmholtz, de Riemann, de Beltrami sur les divers espaces, les coordonnées curvilignes de Lamé qui caractérisent l'espace à courbure nulle, etc., devaient naître, et aussi les Géométries de Lobatschevsky et de Bolyai, conçues dans un ordre de pensées différentes quoique équivalentes dans le fond à l'idée d'espace à courbure constante, et qui conservent, malgré les travaux qui les ont suivies, leur caractère propre, leur audace et leur puissante originalité.

Ici, ce n'est pas de tout cela qu'il s'agit. Le titre : « De l'expérience en Géométrie », choisi par l'illustre auteur, montre immédiatement qu'il entend demeurer fidèle à la Géométrie euclidienne, puisque aussi bien notre expérience journalière, la seule invoquée par lui, ne nous révèle que l'espace euclidien.

Le sujet ainsi nettement circonscrit peut encore être traité soit au point de vue purement abstrait, soit en y joignant le point de vue concret et didactique.

Le premier de ces points de vue a été adopté dans toute sa pureté par le Professeur Helmert, dans l'ouvrage qu'il a publié à l'occasion de l'érection du monument consacré à la mémoire de Gauss. Helmert a donné là un exemple de ce que peut la pensée humaine sans images.

Mais, malgré tout, on peut demeurer un peu perplexe sur le point de savoir s'il est réellement donné à l'homme de penser sans images et si, par suite, le dénombrement des axiomes ou hypothèses à la fois distinctes, nécessaires et suffisantes à la Géométrie fait par le maître allemand est définitif et décisif, et si, en une matière quelconque, il est réellement possible de faire le bilan de ce qui est admis sans s'exposer à des lacunes ou des doubles emplois.

Aux grands abstracteurs de ce monde seuls, peut appartenir un jugement en matière aussi ardue.

Chez M. de Freycinet, le savant et le philosophe n'excluent pas l'ingénieur. Il aime les clartés qui éclairent des objets nets ou des objectivités et, à ce point de vue, il n'est pas pour être parcimonieux des axiomes sur lesquels notre expérience journalière ne laisse aucun doute, lorsque d'ailleurs cette parcimonie doit allonger ou obscurcir inutilement la route ou l'éloigner de ce qui nous apparaît manifestement comme la réalité. « Loin, dit-il, de réduire le nombre des axiomes, je crois, pour ma part, qu'il faudrait se tenir prêt à l'augmenter si l'on venait à rencontrer plus tard quelque relation dont l'exactitude ne ferait pas de doute, mais dont la justification rationnelle laisserait à désirer. Pourquoi refuser, en ce cas, de recourir à l'observation directe? De même qu'en Mécanique, les trois premières lois du mouvement s'étant montrées impuissantes devant les phénomènes du choc, on n'a pas craint, au siècle dernier, d'adjoindre la loi de l'équivalence de la chaleur. »

Cette thèse, indiquée dans l'introduction, est développée à diverses reprises dans le corps de l'ouvrage et rappelée dans la conclusion.

L'ouvrage est divisé, comme les principes de la Mécanique rationnelle récemment publiés par l'auteur, dont j'ai rendu compte dans cette *Revue* et qui ont donné lieu dans d'autres journaux, notamment dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, à des articles très approfondis et justement élogieux.

Dans un premier chapitre sont énumérés ce que l'auteur appelle les concepts de la Géométrie. Le chapitre II présente les axiomes, tels qu'il propose de les formuler. Le chapitre III et dernier traite du problème géométrique en lui-même. L'ouvrage se termine par une brève conclusion.

Le concept essentiel est naturellement l'espace et, pour l'auteur, l'espace euclidien, avec son attribut essentiel, l'étendue, qui entraîne les notions de volumes, surfaces, lignes, points; celles de distance et, par suite, de lignes droites et courbes; les notions corrélatives de surfaces planes ou courbes; celles d'angle, de parallélisme et de tangence.

Il est très important de remarquer que le concept du parallélisme est regardé, par l'auteur, comme essentiellement distinct de celui d'angle. Il y a sur ce point une discussion très approfondie et très capitale. Elle porte précisément sur le postulatum d'Euclide, sur l'obscurité à laquelle on arrive en regardant des droites parallèles comme formant un angle nul, et sur les dangers, surtout pour des débutants, de se servir des notions de limites sans les précautions nécessaires.

Les axiomes admis comme conséquences de la discussion sur les concepts sont au nombre de six, parmi lesquels celui-ci, qui tient lieu du postulatum d'Euclide : Une ligne droite qui a commencé par s'éloigner d'une autre ne peut pas ensuite s'en rapprocher, et réciproquement ; il est précédé d'un autre où il est admis qu'une ligne droite peut être prolongée indéfiniment dans les deux sens.

Le chapitre III traite de la Géométrie ancienne ou pure et de la Géométrie moderne, celle-ci comprenant l'application de l'Algèbre et du Calcul infinitésimal à la Géométrie. L'auteur fait bien ressortir que ces nouveaux instruments, créés par Descartes et Leibnitz, ne touchent en rien aux concepts et aux axiomes de la Géométrie primitive. C'est une raison de plus pour bien préciser ces principes et ces axiomes. « Plus l'édifice s'élève, est-il dit dans la conclusion, plus les fondations doivent garder leur solidité. »

Je termine par cette courte citation. Mais j'ai, à dessein, évité de multiplier les citations. Il s'agit d'un ouvrage qu'il faut lire d'ensemble, ce qui est d'autant plus aisé qu'il offre un grand attrait et une extrême clarté; il est d'autant plus à recommander qu'il renferme, chemin faisant, nombre de conseils dont profiteront grandement ceux qui ont à enseigner la Géométrie. Des pas-

sages séparés pourraient, en pareille matière, donner lieu à des méprises. On dit bien qu'avec une ligne d'écriture on peut faire pendre un homme. J'aurais pourtant pu détacher telles phrases qui, si on les laissait anonymes, rappelleraient d'assez près la manière de Pascal. Ceci, du moins, ne serait un cas pendable ni pour le lecteur qui aurait commis la méprise, ni pour l'auteur qui y aurait donné lieu.

MAURICE LÉVY,
Membre de l'Institut.

2° Sciences physiques

Féry (Ch.), *Chef des travaux pratiques à l'École de Physique et de Chimie industrielles.* — **Rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes.** — *Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.* — *1 vol. de* 115 *pages, avec* 24 *figures. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1902.

Les phénomènes relatifs au rayonnement des oxydes terreux portés à haute température ont pris un intérêt considérable depuis la découverte du Dr Auer et l'application des remarquables propriétés qu'il a reconnues à certains mélanges d'oxydes à la fabrication de manchons pour l'incandescence par le gaz ainsi qu'à l'obtention des filaments chauffés par l'électricité des lampes Nernst. On a établi un assez grand nombre de théories en vue surtout d'expliquer ce fait remarquable que la *luminescence* ne s'obtient dans de bonnes conditions que si l'on emploie un mélange de deux oxydes (généralement oxydes de thorium et de cérium) dans des proportions assez étroitement définies. Ces théories, dont aucune n'est complètement satisfaisante, se ramènent à deux types. Les unes, que l'on peut appeler les théories physiques, attribuent le bon rendement des oxydes employés comme radiateurs à ce que le rayonnement ne serait pas régulier dans toute l'étendue du spectre, comme celui du platine et du charbon ; ce rayonnement, très faible dans la région chaude du spectre, serait, au contraire, très grand dans la partie lumineuse. Les autres théories, que l'on peut appeler théories chimiques, consistent à admettre qu'il se produit dans les oxydes, au contact des gaz de la flamme, une série d'oxydations et de réductions successives produisant, localement, des températures très élevées.

M. Ch. Féry a repris l'étude de cette question, en déterminant, pour un grand nombre de corps, le rayonnement calorifique en fonction de la température, ainsi que le rayonnement lumineux dans la région moyenne du spectre.

Pour étudier le rayonnement calorifique, il chauffe, au moyen d'un chalumeau à gaz, de petits cylindres de différents corps, auxquels il imprime un mouvement continu de rotation pour égaliser la température, laquelle est mesurée par un couple thermo-électrique Le Chatelier. Le rayonnement est mesuré au moyen d'une pile thermo-électrique fer-constantan ; les deux métaux, sous forme de fils fins, sont disposés de façon que la soudure forme le réticule d'une lunette à objectif de fluorine. Les détails de cet appareil ont été étudiés de façon à lui assurer une sensibilité bien supérieure à celle de la pile de Melloni.

Pour déterminer le rayonnement lumineux, M. Ch. Féry emploie une méthode photométrique, en prenant comme source de comparaison le filament d'une lampe électrique à incandescence traversée par un courant défini, et faisant porter la comparaison sur les radiations monochromatiques que laisse passer un système de deux verres colorés.

Le rapport des rayonnements lumineux et calorifique ainsi déterminés donne, pour chaque température, une valeur du *rendement optique* qui varie beaucoup d'un corps à un autre. Ainsi, M. Féry trouve que ce rendement est, à 1.300°, de 0,0035 pour le charbon, de 0,0107 pour le platine, de 0,0435 pour le lanthane et, pour le mélange des manchons Auer, de 0,0140, si l'on chauffe en flamme oxydante, et de 0,0289 si l'on chauffe en flamme réductrice.

En s'appuyant sur ces expériences, ainsi que sur d'autres effectués directement sur des manchons de diverses compositions, M. Féry arrive à une théorie du bec Auer qui paraît satisfaisante. D'après lui, l'oxyde de cérium a un pouvoir émissif considérable et ne pourrait être utilisé seul, car sa température ne peut s'élever suffisamment au contact d'une flamme, dont l'apport de chaleur est limité. On peut augmenter considérablement cette température en répartissant une petite quantité d'oxyde de cérium dans une grande masse d'un autre corps, l'oxyde de thorium, qui possède un faible pouvoir émissif et qui, de plus, doit être transparent pour les radiations émises par l'oxyde de cérium. On obtiendra donc de bons résultats, au point de vue du rendement lumineux, avec tous les mélanges de deux corps répondant aux conditions indiquées, savoir : l'un à fort pouvoir émissif et l'autre à faible pouvoir émissif et transparent. Mais les conditions de conservation et de résistance mécanique nécessaires en pratique limitent beaucoup le nombre des mélanges utilisables.

Le travail de M. Ch. Féry contient beaucoup de détails intéressants et soigneusement étudiés. Nous citerons seulement ici le dispositif de lunette à réticule thermo-électrique, étudié en vue de la mesure industrielle des températures élevées, qui pourra rendre de grands services dans les cas où les couples thermo-électriques ou les pyromètres à résistance ne sont pas utilisables.

G. CHARPY,
Docteur ès sciences.

Meyer (R.). — **Jahrbuch der Chemie für 1901** (*Répertoire de Chimie pour* 1901). — *1 vol. grand in-8° de* 548 *pages, cart.* (*Prix* : 15 *marks.*) *F. Vieweg und Sohn, éditeurs. Brunswick,* 1902.

Cette intéressante publication, qui en est à sa onzième année, mérite d'être signalée d'une façon spéciale à l'attention des lecteurs de cette *Revue*, en ce sens qu'elle a surtout pour but de donner chaque année une idée aussi exacte que possible des travaux les plus marquants parmi les innombrables publications relatives à la Chimie, en laissant de côté les études les moins importantes. L'intensité de la production scientifique en Chimie est telle aujourd'hui qu'il devient de plus en plus difficile de se tenir au courant : la *Chemisches Centralblatt* de la Société Chimique de Berlin analyse plus de 6.000 mémoires ou publications dans l'année ; c'est dire qu'il est matériellement impossible de tout lire. Aussi faut-il être particulièrement reconnaissant à tous ceux qui facilitent et aplanissent un peu cette besogne considérable. Tel est le sentiment que l'on éprouve en parcourant le recueil publié sous la direction de M. Richard Meyer par un groupe de savants qui se sont donné comme tâche, chacun dans sa spécialité, de faire un choix des travaux les plus frappants et de les présenter au lecteur d'une façon systématique. Et il faut le reconnaître, en général, ce choix est des plus heureux et résume bien les progrès saillants de la Chimie.

L'ouvrage comprend quatorze chapitres principaux, à savoir : Chimie physique, Chimie inorganique, Chimie organique, Chimie physiologique, Chimie pharmaceutique, produits alimentaires, Chimie agricole, Métallurgie, Grande Industrie, hydrates de carbone (sucre, amidon), fermentations, matières grasses et huiles, goudrons et colorants, matières textiles, Photographie

Chaque chapitre est accompagné d'un petit sommaire très clair ; l'ouvrage se termine par une double table de matières, par sujets et par noms d'auteurs, qui facilite beaucoup les recherches. Les renvois bibliographiques sont nombreux et suffisants. Le Répertoire de Chimie n'est donc pas seulement des plus utiles à parcourir ou à lire pour se tenir au courant des progrès réalisés par les sciences chimiques ; c'est encore une source de documents relativement très complète, tout

au moins dans les branches de la Chimie que l'on n'est pas tenu de suivre dans les moindres détails.

Ph.-A. Guye,
Professeur de Chimie
à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Darwin (Ch.). — **Observations géologiques sur les îles volcaniques explorées par l'Expédition du « Beagle ».** *Traduit de l'anglais sur la* 3e *édition par* A. Renard. — 1 *vol. relié toile in*-8°, *de* 218 *pages avec* 14 *figures et* 1 *planche.* (*Prix* : 8 *fr.*) *Schleicher frères, éditeurs. Paris*, 1902.

Il y aura bientôt soixante ans que parut, à la suite de son voyage à travers le monde (1831-1836), la première édition des *Iles volcaniques* de Darwin. Elle était comprise, avec deux autres études, sous le titre de *Géologie du voyage du Beagle.*

Si cette œuvre de l'illustre naturaliste est moins connue du monde savant que celles qui devaient paraître quinze ans plus tard et amener une si grande révolution dans les sciences naturelles, elle l'est cependant de la plupart des géologues. Quoiqu'elle soit de Darwin avant le darwinisme, elle porte déjà l'empreinte de cet homme de génie et de ce qu'il sera plus tard. Ce qu'on ne sait pas, en général, c'est que le mérite principal des œuvres de Darwin doit être rapporté à ses études géologiques. Ainsi que le dit son savant traducteur, M. A. Renard, « c'est là qu'il a pu puiser cette notion des causes actuelles, fondamentale pour sa doctrine, suivre leur action dans les périodes anciennes et rattacher l'un à l'autre les phénomènes dont la Terre fut le théâtre et les faunes et les flores qui s'y sont succédé ».

C'est lui qui écrit à la fin de son voyage : « Je trouve à la Géologie un intérêt qui ne faiblit jamais et elle nous inspire des idées aussi vastes sur notre monde que celles que l'Astronomie nous suggère sur l'ensemble des mondes ».

Dans son livre *Les Iles volcaniques*, Darwin jette une vive et nouvelle lumière sur un grand nombre de questions qui avaient passé presque complètement inaperçues ou sur d'autres qui faisaient partie d'un dogme scientifique pour beaucoup de savants. Il contribua ainsi à ruiner la théorie, si en honneur à cette époque, des cratères de soulèvement. Par une étude approfondie sur la dénudation des appareils volcaniques, il aida puissamment à la résolution du problème paléovolcanique. Il établit la relation des orifices volcaniques avec les lignes de fractures de l'écorce terrestre et celle des aires volcaniques avec les aires de soulèvement.

La lecture de cette œuvre, qui n'a pas vieilli, malgré le temps, montre la largeur et le rare degré d'observation de l'auteur, qui arrive à tirer des déductions importantes de faits paraissant très minimes de prime abord. Elle est, par cela même, très suggestive et très attachante.

Le traducteur, M. Renard, professeur à l'Université de Gand, était plus qualifié qu'aucun autre pour en rendre toutes les nuances et toutes les finesses, et pour montrer la sûreté des observations, la logique et la force des déductions de l'illustre auteur, puisqu'il avait accompli, à bord du *Challenger*, une partie du trajet parcouru jadis par Darwin.

Ph. Glangeaud,
Professeur-adjoint
à l'Université de Clermont-Ferrand.

4° Sciences médicales

Neveu-Lemaire (Dr). — **Précis de Parasitologie animale.** — 1 *vol. in*-8° *de* 212 *pages avec* 301 *figures dans le texte.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Société d'éditions scientifiques*, 4, *rue Antoine-Dubois. Paris*, 1902.

Ce précis, que nous avons mission de présenter au public de cette *Revue*, est un excellent résumé de nos connaissances actuelles en Parasitologie. Il a été fait dans le but de rendre service aux étudiants en médecine de troisième et quatrième année, mais il a sa place indiquée dans la bibliothèque de tous les médecins. Malgré son petit format c'est une iconographie complète des parasites de l'homme. En regard des nombreuses figures qui illustrent cet ouvrage, l'auteur a placé les notions indispensables que l'on doit connaître sur l'extérieur, l'habitat et l'évolution des principaux parasites. Conformément à une règle de conduite en usage dans les démonstrations pratiques faites à la Faculté de Médecine de Paris, M. le Dr Neveu-Lemaire a volontairement laissé de côté l'anatomie des parasites, qui est sans grand intérêt pour le médecin, préférant s'appesantir sur les caractères extérieurs qui permettent de faire un diagnostic certain, ainsi que sur l'évolution qui fournit des données intéressantes relativement à l'hygiène et à la prophylaxie des maladies parasitaires. Ajoutons enfin que ce *Précis de Parasitologie* est au courant des découvertes les plus récentes qui sont venues, en ces dernières années, modifier les notions incomplètes ou erronées que nous possédions sur des affections cependant fort importantes, comme le paludisme ou la filariose.

Du reste, la première édition du *Précis de Parasitologie animale*, publiée il y a peu de temps encore, est presque épuisée, et une édition espagnole, due au professeur Odon de Buen, de l'Université de Barcelone, doit paraître incessamment. C'est le plus bel éloge que nous puissions faire du livre de M. le Dr Neveu-Lemaire. Nous aurions bien à relever quelques petites omissions, mais elles seront certainement réparées dans la seconde édition, qui sera sans doute bientôt publiée.

Dr J. Guiart,
Agrégé de la Faculté de Médecine de Paris.

5° Sciences diverses

Reibell (Commandant). — **Le Commandant Lamy, d'après sa correspondance et ses souvenirs de campagne** (1858-1900). — 1 *vol. in*-8° *de* 576 *pages avec* 11 *cartes et* 1 *portrait. Hachette et Cie, éditeurs. Paris*, 1903.

Dans l'ordre des sciences historiques, le public français s'est habitué, depuis une quinzaine d'années, à goûter un genre de littérature dont ne s'inquiétaient autrefois que les seuls érudits; les Mémoires, la Correspondance intime des hommes d'action ressuscitent aujourd'hui devant nous, dans le menu détail de leur vie concrète, la société qu'ils ont servie et transformée. Mais le passé n'a pas seul droit à nos méditations, et l'époque que nous vivons, l'histoire qui se fait et se déroule actuellement autour de nous et par nous réclament plus impérieusement encore notre attention. Voilà près d'un quart de siècle que notre pays consacre à son expansion coloniale la meilleure part de son activité; combien, cependant, parmi nous, ont pris la peine d'étudier cette évolution? Notre bourgeoisie capitaliste croit avoir suffisamment témoigné son intérêt à l'extension de l'influence française, quand, avec un naïf et stérile orgueil, elle a contemplé, dans les gazettes illustrées, les territoires nouvellement marqués de nos couleurs. Mesurer du regard les étendues conquises et jeter les yeux sur la liste des denrées qu'elles peuvent nous fournir, c'est peu pour nous guider dans l'œuvre à poursuivre! Quand donc comprendra-t-on que, pour bien connaître nos colonies, il est nécessaire de s'inquiéter de leur histoire? Les sacrifices qu'elles nous ont coûtés, les conditions particulières des luttes que nous avons eu à y soutenir, nous disent clairement dans quel sens doivent s'exercer nos efforts pour y affermir notre autorité et la rendre féconde.

Le bel ouvrage que M. le Commandant Reibell vient de publier sur la vie et l'œuvre du très regretté Commandant Lamy nous apporte, à ce sujet, un précieux enseignement: il présente, sous la forme d'une monographie, une histoire anecdotique et vécue de notre ex-

pansion coloniale pendant les vingt dernières années du XIXe siècle.

L'existence militaire du Commandant Lamy s'est déroulée tout entière en campagne, en Afrique ou aux colonies. Il était sorti de Saint-Cyr dans un rang qui lui avait permis de choisir le premier régiment de Tirailleurs algériens, un de ces corps spéciaux dont les exploits en Crimée, en Italie, au Mexique, dans la guerre franco-allemande, ont fait la réputation de la vieille armée d'Afrique et qui conserve, au milieu des transformations qu'a subies notre état militaire, son ancienne physionomie et la tradition des temps héroïques. C'est là, dans ce milieu où il était connu et apprécié, que Lamy devait trouver les collaborateurs de toutes ses entreprises coloniales. Il n'eut jamais à se repentir de son choix et demeura jusqu'à la mort fidèle à son vieux régiment.

Il était en garnison à Laghouat, en 1880, lorsqu'il vit revenir Flatters et ses compagnons, au retour de leur première tentative ; il garda de ce contact avec les explorateurs du Sahara une impression ineffaçable, et, jusqu'à sa mort, conserva une affection profonde pour l'un d'eux, notre éminent ami M. A. Le Châtelier.

Peu après, il prit part à l'expédition de Tunisie et fit partie des colonnes de Kroumirie et de Kairouan. Il demeura dans le pays après la fin des hostilités et contribua à la pacification de la Régence sous les ordres du Colonel de la Roque.

Il quittait le service des Renseignements pour rejoindre son bataillon, désigné, en 1884, pour aller au Tonkin. Il prenait part au combat de Bac-Viey, qui nous ouvrait la route de Langson, et à celui de Hoa-Noc, qui délivrait Dominé et les héroïques défenseurs de Tuyen-Quan. Blessé à Bac-Viey, décoré le 17 mars 1885, il ne rentrait en Algérie que le 2 juin 1886.

Il était à cette époque distingué par le Général Poizat, commandant la division d'Alger, qui prenait Lamy pour officier d'ordonnance; il parcourait ainsi, avec son général, l'Algérie tout entière, la Tunisie et l'Espagne, et quittait cette situation privilégiée pour aller prendre, comme capitaine, le commandement du poste créé à El-Goléa en 1891, première amorce de notre marche vers le Tidikelt et le Touat.

Il y passait deux années qui ont laissé des traces profondes dans le pays; son souvenir est devenu légendaire dans l'esprit de nos Chaambâ. — C'est de cette époque que date sa vocation saharienne. Dès 1893, il rêvait de reprendre le projet du malheureux Flatters. La traversée du Sahara devenait le but vers lequel allait sans cesse sa pensée. Il ne devait réaliser son désir que cinq années plus tard. Ne pouvant surmonter l'obstacle qui l'empêchait d'aborder le Sahara de front : prudence diplomatique, tergiversations gouvernementales, il ne demeurait pas inerte et tentait de le tourner. A la fin de 1893, il partait pour le Congo, où il était chargé d'étudier le projet d'une voie ferrée entre Loango et Brazzaville. Il en revenait au mois de décembre 1894, juste à temps pour offrir au corps expéditionnaire de Madagascar un concours sans lequel l'expédition n'aurait pu avoir lieu en 1895. Il recrutait par son seul ascendant 5.500 convoyeurs algériens provenant des trois départements de l'Algérie, qu'il amenait ensuite à Majunga, où ce contingent suppléait à l'absence des coolies indigènes, sur lesquels on avait compté.

Les lettres publiées sur l'expédition de 1895 constituent le document historique le plus saisissant qui soit parvenu à notre connaissance; toutes les difficultés, toutes les épreuves, toutes les erreurs sont mises à jour avec une sincérité poignante. C'est le drame pris sur le vif. La prise de Tananarive ouvrait une ère nouvelle. Mais, là aussi, nous avions besoin de faire une école avant d'arriver à la solution nécessaire. L'insurrection, qui avait gagné toute l'île, ne fut étouffée que grâce aux mesures énergiques prises par le général Galliéni. Lamy raconte simplement les faits dont il a été témoin. Au lecteur d'apprécier et de juger. Il fait un rude métier dans la brousse malgache, donnant la chasse nuit et jour aux Fahavalos, sans cesse en éveil, ne laissant jamais s'assoupir sa vigilance. Aussi fait-il de bonne besogne et, sans perdre un seul de ses hommes, inflige-t-il des leçons sanglantes aux bandits, et le calme renaît peu à peu dans la région confiée à ses soins. Grâce à lui, la sécurité est assurée sur la route de Fianarantsoa à Tananarive.

Le quatrième galon vient récompenser, à la fin de 1896, deux années d'efforts et de labeur ininterrompus.

Il rentre en France en faisant le tour de l'Afrique par le cap de Bonne-Espérance. Il visite au passage le Transvaal, et rapporte un jugement impartial et sincère sur l'état de la République boër, à la veille de sa guerre contre les Anglais. Il revient enfin dans la mère-patrie, où il fut appelé presque aussitôt à faire partie de la maison militaire du Président de la République.

Il ne profite des avantages de cette situation privilégiée que pour travailler à la réalisation du grand projet qui hante son esprit depuis bien des années. Son association avec M. Foureau lui apporte des concours précieux et l'aide pécuniaire qui lui était indispensable. Le bienveillant appui du chef de l'Etat lui assure l'adhésion du Gouvernement.

Il part enfin au mois de septembre 1898. Ce que fut cette épopée saharienne est présent à toutes les mémoires. Ceux qui désirent avoir de nouveaux détails sur la préparation et l'exécution de cette vaste entreprise en trouveront dans les chapitres du livre sur le Commandant Lamy consacrés à la fin de sa vie. Car, hélas! le chef qui avait assuré le succès de la Mission saharienne, celui auquel tous ses compagnons devaient d'en revenir sains et saufs, était un de ceux qui, après avoir été à la peine, ne devaient pas se trouver à l'honneur, du moins de leur vivant. La postérité fera la part de chacun ; elle accordera un éternel souvenir à celui qui fut l'artisan de cette grande œuvre qui a scellé de son sang le triomphe définitif de la civilisation au centre de l'Afrique et livré à la science le cœur du mystérieux continent dévoilé.

On doit une reconnaissance particulière au Ct Reibell qui a pris le soin pieux de réunir la correspondance du Ct Lamy et tous les documents susceptibles d'éclairer cette noble figure. En une préface magistrale, l'auteur a raconté la vie, si bien remplie, de son ami, et, partout dans son livre, il a joint aux lettres mêmes de Lamy les commentaires nécessaires à l'intelligence des explorations accomplies. Onze cartes en couleur, qui nous font suivre les opérations militaires décrites dans l'ouvrage, apportent à la connaissance même des territoires parcourus un appoint de haute valeur.

Ayant lui-même pris large part à l'œuvre qu'il expose, le Commandant Reibell disparaît volontairement, dans son livre, derrière le héros dont il fut le collaborateur et aux côtés duquel il a, lui aussi, vaillamment combattu. Si discret est son effacement que le lecteur aperçoit à peine à travers les faits réunis la main qui les a pieusement rassemblés. Mais la critique manquerait de justice ou de discernement si elle ne signalait, dans un tel ouvrage, le réel talent mis à le composer.

LOUIS OLIVIER.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Mars 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. H. Lebesgue** démontre que, si une fonction continue $f(x)$ varie toujours dans le même sens ou, plus généralement, est à variation bornée, l'ensemble des valeurs de x pour lesquelles la dérivée $f'(x)$ n'existe pas est de mesure nulle. — **M. A. Boulanger** recherche les variétés à trois dimensions dont les géodésiques admettent une transformation infinitésimale (non conforme) en elles-mêmes. — **M. M. Brillouin** communique quelques études sur l'équation de propagation des forces électriques et magnétiques dans un milieu conducteur homogène.

2° Sciences physiques. — **M. Gouy** a étudié les effets de la température sur les phénomènes électrocapillaires. La dépression du maximum, comparé à celle de l'eau pure à la même température, décroît quand la température s'élève et d'autant plus, en général, que le corps est plus actif. — **M. F. de Montessus de Ballore** signale, aux Indes et dans la Russie méridionale, des anomalies de la pesanteur le long de lignes d'instabilité relative. — **M. Henri Dufour** a observé un affaiblissement de l'intensité du rayonnement solaire pendant les premiers mois de 1903; il coïncide avec une diminution de la polarisation atmosphérique. Il y a probablement dans l'atmosphère une cause particulière d'absorption. — **M. E. Bouty** a étudié la cohésion diélectrique des mélanges de gaz. En général, le champ critique est exactement la moyenne des champs critiques correspondant aux deux gaz considérés isolément à la pression du mélange. Toutefois, dans quelques cas (CO^2+H), le champ critique peut descendre très sensiblement au-dessous de cette moyenne. — **M. A. Debierne** a constaté que les centres activants répandus dans les gaz au voisinage de l'uranium émettent un rayonnement nouveau, caractérisé essentiellement par la propriété de rendre radio-actifs, d'une façon temporaire, les corps qu'il frappe. Ces nouveaux rayons sont déviés dans le champ magnétique et dans le champ électrique. — **MM. P. Curie** et **A. Laborde** ont reconnu que les sels de radium dégagent de la chaleur d'une façon continue; un gramme de radium dégage par heure environ 100 petites calories. — **M. André Le Chatelier** pense que les effets de la trempe résultent d'un écrouissage produit par les variations de volume inhérentes aux transformations qu'éprouvent les aciers, variations dont la valeur s'exagère avec la rapidité du refroidissement; le rôle du carbone dans la trempe résulte, d'abord de ce qu'il facilite l'abaissement de la zone de transformation, ensuite de ce qu'il augmente l'intensité de l'écrouissage spécial qui se produit au-dessus de 100°. — **M. H. Giran** a constaté que la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge amorphe dégage environ + 4 calories. — **MM. H. Moissan** et **J. Dewar** ont solidifié le fluor au moyen de l'hydrogène bouillant; c'est un corps blanc qui, à — 252°,5, réagit encore avec explosion sur l'hydrogène liquide. — **M. M. Hanriot** a étudié le produit connu sous le nom de *collargol*; c'est une solution colloïdale d'argent renfermant une matière albuminoïde; elle réagit comme un sel capable de former par double réaction des précipités insolubles avec les sels métalliques. — **M. A. Colson**, en traitant le minium par l'acide acétique glacial, a obtenu un tétracétate plombique $Pb(C^2H^3O^2)^4$, qui dérive de l'acide plombique normal $Pb(OH)^4$; il est décomposable par l'eau en donnant du bioxyde de plomb. On obtient de même un tétrapropionate et un tétrabutyrate. — **MM. C. Marie** et **R. Marquis** montrent qu'il n'y a pas lieu de penser que, dans la solution de sulfate de soude, le sel subsiste avec les molécules d'eau qui font partie intégrante de sa molécule cristallisée, considérée à la même température que la solution. — **MM. A. Seyewetz** et **P. Trawitz** ont préparé le chlorure plombico-ammoniacal en mettant en suspension du chlorure de plomb dans l'acide chlorhydrique et en y ajoutant du persulfate d'ammoniaque en poudre. — **M. Al. Hébert**, en traitant à haute température les acides gras par les métaux les plus oxydables, les a d'abord transformés en cétones, qui sont décomposées à leur tour en donnant principalement naissance à CO^2,H et à des carbures éthyléniques plus ou moins élevés. — **M. Ph. Barbier**, en ajoutant à une solution d'iodure de cadmium une solution concentrée d'hydrate de diaminoéthène, a obtenu un précipité cristallisé d'iodure de tétradiaminoéthène-cadmium $CdI^2,4C^2H^4(AzH^2)^2$. Celui-ci se décompose en donnant successivement les corps $2CdI^2,4C^2H^4(AzH^2)^2$; $2CdI^2,3C^2H^4(AzH^2)^2$ et $CdI^2,2C^2H^4(AzH^2)^2$. — **M. Ch. Schmitt** a préparé de nouveaux dérivés des éthers acylcyanacétiques par l'action des chlorures d'acides sur leurs sels d'argent. Ces éthers réagissent sous la forme énolique et donnent tous deux dérivés isomères. — **M. E.-E. Blaise** a reconnu que, si l'acide diméthylglutaconique obtenu par méthylation de l'acide glutaconique donne, par réduction, l'acide 2:4- diméthylglutarique maléinoïde, ce n'est pas par suite de la transposition d'un groupe méthyle, mais bien parce qu'il renferme de l'acide 2:4- diméthylglutaconique. — **M. A. Valeur**, en faisant réagir le bromure de phénylmagnésium sur le succinate d'éthyle, a obtenu le tétraphénylbutanediol. Ce glycol donne par déshydratation un anhydride, puis le tétraphénylbutadiène. — **M. A. Mouneyrat** a constaté que le méthylarsinate de soude n'a pas de tendance à s'emmagasiner dans les organes et que, quelle que soit la dose absorbée, l'organisme n'en retient qu'une quantité très faible, laquelle ne s'élimine complètement qu'au bout du trentième jour qui suit l'ingestion.

3° Sciences naturelles. — **MM. Ch. Bouchard** et **Balthazard** ont déterminé les dimensions du cœur dans divers états pathologiques autres que la tuberculose; dans certains cas, le cœur peut avoir des dimensions normales; dans tous les autres, les dimensions sont supérieures à la normale. — **M. A. Laveran** signale un certain nombre d'observations de parasites bacilliformes dans la piroplasmose bovine; ces formes atypiques constituent peut-être une espèce distincte de *Piroplasma*; leur grande virulence explique la forme grave que prend la maladie. — **MM. A. Charrin** et **A. Léri** ont observé les lésions des centres nerveux de nouveau-nés issus de mères malades; l'aspect de ces lésions tend à prouver qu'elles ont débuté au cours de la vie intra-utérine. — **M. Ed. Meyer** a constaté que la régularisation de la circulation du sang ne se fait pas encore chez le chien nouveau-né. — **M. Ed. Retterer** a reconnu que les modifications et les altérations évolutives qu'on produit expérimentalement sur les épithéliums, en agissant sur les tissus sous-cutanés, créent, chez les animaux, des états organiques et des néoformations qui sont, au point de vue histologique du moins, l'image de nombreux processus morbides et de certains néoplasmes à leur début. — **M. C. Fleig** : Augmentation réflexe de sécrétion biliaire par introduction d'acide dans le duodénum-jéjunum (voir p. 403). — **M. F. Dienert** a constaté que l'addition de grenaille de zinc à une

eau contaminée par des microbes suffit pour la stériliser en quarante-huit heures. — **M. Ch. Jacob** montre que l'existence d'un gisement cénomanien à Ichtyosarcolithes et à faune du Maine à Saint-Laurent, près Vachères (Basses-Alpes), est la preuve d'une communication directe par Saint-Laurent, à l'époque des sables du Mans, entre la Basse-Provence et la mer des chaînes sub-alpines. — **M. L. Dollo** signale la découverte d'un *Pteraspis* dans le Gedinnien de l'Ardenne; c'est probablement le *Pteraspis dunensis*. L'auteur pense que ces animaux étaient des Vertébrés agnathes. — **M. A. Lacroix** donne des renseignements sur sa visite à la Soufrière de la Guadeloupe. L'activité des fumerolles subit des variations d'intensité et se déplace parfois; mais les manifestations volcaniques restent les mêmes depuis la dernière éruption (1837).

Séance du 23 *Mars* 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Humbert** démontre le théorème suivant : Si $\varphi(x, y)$ est une forme quadratique binaire positive primitive, de déterminant impair, nous savons que tous les systèmes de deux relations singulières qui donnent naissance à des formes de la même classe que φ sont réductibles à l'un d'entre eux par des transformations *ordinaires* du premier ordre. Appliquons maintenant à ce système une transformation *singulière* de degré 1; il se change en un autre système singulier, et si ψ est la forme binaire associée à ce nouveau système, les formes (primitives) φ et ψ appartiennent au même genre. Réciproquement, si ψ est une forme primitive (proprement ou non) du même genre que φ, elle est associée à un système *singulier* qui dérive du système initial par une transformation singulière du 1er degré. — **M. P. Duhem** démontre la proposition suivante : Si un milieu vitreux, affecté de viscosité et très peu déformé, ce qui suppose ses mouvements toujours très petits, est le siège d'une onde persistante, cette onde sépare sans cesse les deux mêmes parties du milieu. Si le milieu est conducteur de la chaleur, elle est d'ordre n par rapport à la température T; mais, si le milieu est privé de conductibilité, elle est d'ordre $(n-1)$ par rapport à T. — **M. M. Brillouin** poursuit l'étude des équations de propagation dans les milieux conducteurs. — **M. A. de la Beaume-Pluvinel** a photographié le spectre de la comète 1902 *d*. On y trouve : la plupart des radiations du spectre du carbone fournies par l'arc électrique, la radiation caractéristique des hydrocarbures en combustion et un groupe de radiations qui ne correspond à aucun groupe du carbone.

2° Sciences physiques. — **M. R. Blondlot** a découvert une nouvelle espèce de radiations émises par le tube focus: ces radiations traversent l'aluminium, le papier noir, le bois; elles sont polarisées rectilignement dès leur émission, sont susceptibles des polarisations rotatoire et elliptique, se réfractent, se réfléchissent, se diffusent, mais ne produisent ni fluorescence, ni action photographique. Ce sont ces radiations que l'auteur avait précédemment confondues avec les rayons Röntgen. — **M. Guntz**, en faisant réagir le sodium sur les composés halogénés du baryum, a obtenu des composés du type BaCl.NaCl. Ils décomposent l'eau; chauffés, il se volatilise du sodium et il reste $BaCl^2$. — **M. H. Moissan** a constaté que, de — 85° à + 54°, l'hydrure de potassium ne se combine pas à l'acide carbonique gazeux absolument sec. Dans cet intervalle de température, la trace d'eau correspondant à la tension de vapeur de la glace à — 85° suffit pour déterminer la réaction, grâce à la chaleur qu'elle dégage par la décomposition violente d'une petite quantité d'hydrure alcalin. — **MM. P. Sabatier** et **J.-B. Senderens** ont reconnu que le cuivre permet de réaliser facilement, à température peu élevée et sans réactions accessoires, le dédoublement de l'alcool éthylique en hydrogène et aldéhyde. Il n'y a aucune formation simultanée d'éthylène, par suite aucune séparation d'eau. Le dédoublement est probablement déterminé par la formation d'un hydrure métallique instable. — **MM. Ch. Moureu** et **R. Delange**, en faisant réagir les alcalis caustiques sur les acides acétyléniques $R-C\equiv C.CO^2H$, ont réalisé la synthèse des acides β-cétoniques non substitués $R.CO.CH^2.CO^2H$. — **M. P. Carré**, en faisant réagir le trichlorure de phosphore sur le glycol, a obtenu en majeure partie (70 à 75 %) le produit $P^2(OCH^2)^4Cl^2$. Ce corps est décomposé par l'eau en donnant d'abord l'éther $P^2(OCH^2)^4(OH)^2$, très instable, qui se dédouble en glycol et éther $P^2(OCH^2)^2(OH)^4$. — **M. L. Meunier** a constaté que les combinaisons organo-magnésiennes mixtes réagissent sur l'ammoniaque et les groupements aminés primaires et secondaires en leur empruntant un atome d'H pour régénérer le carbure correspondant à l'organo-magnésien et en substituant à sa place le radical Mg X monovalent. — **M. M. Delage** a préparé les pyrogallol-monosulfonate et pyrogallol-disulfonate de strontium: ce sont des sels solubles dans l'eau, cristallisant le premier avec une, le second avec trois molécules d'eau de cristallisation. — **M. J. Minguin**, en traitant le bromométhylcamphre, F. 61°, par KOH en solution alcoolique, a obtenu le méthylène-camphre, F. 30° 35°; $[\alpha]_D = +127°,5$. — **M. Em. Bourquelot** a étudié les ferments solubles qui déterminent l'hydrolyse des polysaccharides. Il y en a un assez grand nombre, mais leur action paraît soumise à des lois simples. — **M. M. Nicloux** a constaté que la glycérine existe normalement dans le sang, en quantité fort petite il est vrai. — **M. H. Pottevin** a observé que, si l'on fait agir sur un corps gras neutre, d'une part de l'extrait de pancréas en solution aqueuse ou du suc pancréatique, d'autre part le même extrait de pancréas en solution dans du sérum sanguin de cheval ou un mélange de suc pancréatique et de sérum, l'action lipolytique est incomparablement plus active dans le second cas.

3° Sciences naturelles. — **M. Y. Delage** a reconnu que l'image hypnagogique est, en réalité, une image mixte, ayant pour substratum une lueur entoptique à laquelle elle est liée, mais à laquelle se superpose une image cérébrale. — **MM. N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** communiquent leurs recherches sur la psychophysiologie du sommeil. Il existe, dans l'état de somnolence précédant le sommeil, un rythme tout particulier dans la vie psychique. — **M. Marage** pense qu'il est impossible que l'endolymphe se déplace en totalité, comme l'admet M. P. Bonnier. — **MM. Ed. Perrier** et **Ch. Gravier** cherchent à analyser les causes physiologiques qui ont déterminé la constitution du type mollusque. — **M. P.-A. Dangeard** montre que l'*Arcella vulgaris* est un Rhizopode à deux énergides comme le *Trepomonas agilis*; il possède le même mode de division. — **M. Bouygues** communique ses recherches sur l'existence et l'extension de la moelle dans le pétiole des Phanérogames. — **M. Léon Flot** a constaté que la constitution des segments foliaires s'établit toujours de la même façon : l'apparition du premier mamelon foliaire est déterminée par les cloisonnements d'une ou plusieurs cellules initiales spéciales du méristème vasculaire. Ces cloisonnements, tant internes qu'externes, marquent le point de départ de l'individualité du segment foliaire. — **M. A. B. Chauveau** signale un certain nombre d'observations de poussières éoliennes faites, les 22 et 23 février, par divers navires au large des Canaries et des îles du Cap Vert. Ces observations confirment l'hypothèse de l'origine saharienne de ces poussières, émise par M. Forel. **M. Mascart** signale une observation analogue faite par M. Chaves à l'Observatoire météorologique des Açores.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 *Mars* 1903.

M. Lannelongue a étudié les manifestations de la syphilis osseuse héréditaire chez les nouveau-nés (maladie de Parrot), chez les enfants et les adolescents, enfin chez les adultes et les vieillards (maladie de Paget). Le traitement spécifique a généralement donné de bons

résultats. M. **Lancereaux** ne croit pas que la maladie de Paget soit toujours d'origine hérédo-syphilitique. — M. P. **Budin**, frappé de la très grande mortalité infantile dans certaines localités du Nord de la France, a été amené à l'attribuer en grande partie au fonctionnement des assurances sur décès d'enfants; les parents, par négligence ou par convoitise, ne donnent pas à leurs enfants tous les soins qu'ils réclament. L'Académie décide d'attirer l'attention du Gouvernement sur ces faits.

Séance du 10 *Mars* 1903.

M. le Président annonce le décès de M. C. **Leblanc**, membre de la Section de Médecine vétérinaire.

M. **Ch. Périer** présente un rapport sur deux communications de MM. **Rémy** et **Peugniez** relatives à l'extraction des projectiles logés dans l'encéphale. Les auteurs ont construit un appareil indicateur qui permet de déterminer la position du projectile avec exactitude et facilité et de guider jusqu'à lui une sonde à résonateur disposée pour servir en même temps d'extracteur. — M. **A. Pinard** rend compte des principales communications faites au IVe Congrès international de Gynécologie et d'Obstétrique tenu à Rome du 15 au 21 septembre 1902. — M. **Ch. Fernet** a constaté que l'adénopathie de l'aisselle est fréquente au début de la tuberculose du poumon; souvent unilatérale, elle coïncide habituellement avec une adénopathie cervicale du côté correspondant à la lésion pulmonaire. Elle a une réelle valeur diagnostique dans les cas où les signes de la tuberculose commençante du poumon sont encore douteux ou incertains. — A la suite d'un nouveau Rapport de M. **Joffroy**, au nom de la Commission de l'Alcoolisme, l'Académie adopte à l'unanimité les conclusions et le vœu suivants : 1° L'Académie déclare que toutes les essences naturelles ou artificielles sans exception, ainsi que les substances extraites incorporées à l'alcool ou au vin, constituent des boissons dangereuses et nuisibles; 2° L'Académie déclare que, le danger de ces boissons résultant tout à la fois des essences et de l'alcool qu'elles renferment, elles mériteraient, quelle que soit leur base, d'être proscrites et que, tout au moins, il y a lieu de les surtaxer de telle manière que la surtaxe devienne en quelque sorte prohibitive; 3° L'Académie signale en particulier le danger des apéritifs, c'est-à-dire des boissons à essences et à alcool prises à jeun. Le fait que ces boissons sont prises avant les repas rend leur absorption plus rapide et leur toxicité plus active. Enfin, l'Académie émet le vœu qu'il soit pris des mesures efficaces pour diminuer le nombre des débits de boissons.

Séance du 17 *Mars* 1903.

M. **Saint-Yves Ménard** donne lecture du discours qu'il a prononcé aux obsèques de M. Leblanc.

M. **Raymond** présente un rapport sur un travail de MM. **Anglade** et **Chocreaux** concernant le rôle de la tuberculose dans l'étiologie des maladies mentales et nerveuses. Le rapporteur distingue entre les tuberculoses du cerveau et de la moelle, qui, comme le pensent les auteurs du travail, sont beaucoup plus fréquentes qu'on ne le croit généralement, et les maladies mentales et nerveuses d'origine tuberculeuse, dues, d'après M. Anglade, à l'action de la toxine sur la névroglie. Le rapporteur pense que les lésions ainsi provoquées sont minimes et qu'elles ont besoin d'être confirmées par de nouvelles observations. — M. **A. Pinard** indique les raisons qui lui semblent militer en faveur du maintien de l'article de la loi Roussel qui exige que le dernier enfant d'une personne qui désire se placer comme nourrice sur lieu soit âgé de sept mois révolus. — M. **Guéniot** pense que ce délai peut-être abaissé à trois mois; il ne suffit pas d'assurer à un enfant le lait de sa mère; en permettant à cette dernière de se placer plus tôt comme nourrice, on lui donne le moyen d'améliorer beaucoup ses conditions d'existence. — M. le Dr **Mencière** lit un travail sur l'emploi d'un ostéotome-revolver de son invention.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 21 *Février* 1903.

M. **A. Laveran** signale deux Hippobosques, *H. rufipes* et *H. maculata*, qui sont les agents de propagation du *Trypanosoma Theileri* sur les chevaux au Transvaal. — M. **Gillot** décrit une méthode de coloration des Hématozoaires au Bleu Azur II. — M. **J. Guiart** a trouvé dans une selle dysentériforme un nouvel Infusoire parasite de l'homme, qu'il nomme *Chilodon dentatus*. — M. **Ch. Richet** a isolé des tentacules d'Actinies deux poisons : la *congestine*, insoluble dans l'alcool, douée d'une action puissante sur les vasomoteurs de l'intestin, et la *thalassine*, soluble dans un mélange d'alcool et d'éther, pruritogène et très toxique. — MM. **Paris** et **Salomon** ont étudié la résistance globulaire chez l'enfant normal; elle ne diffère guère de celle de l'adulte. — M. **J. Noé** a constaté que le déterminisme de la longueur de l'instestin est primitivement subordonné à des facteurs tels que l'âge, la taille et l'espèce; l'influence du régime paraît secondaire et n'intervient pas nécessairement dans tous les cas. — M. **J. Lefèvre** rectifie une assertion de M. Arthus sur le mécanisme de la résistance au froid chez les homéothermes. — MM. **A. Dastre** et **H. Stassano** confirment l'existence d'une antikinase dans les macérations d'*Ascaris* et de *Tænia*. - M. **E. Maurel** rappelle qu'il a déjà montré, il y a quelques années, que sous l'influence des pertes sanguines les leucocytes augmentent d'une manière sensible et que cette augmentation se maintient pendant plusieurs jours. La saignée est donc utile à l'organisme en le débarrassant d'une certaine quantité de produits toxiques, et en facilitant la rénovation sanguine. — MM. **F. Bezançon** et **V. Griffon** ont étudié le degré de virulence des liquides de la pleurésie franche et de la méningite tuberculeuse. Les seconds tuberculisent le lapin à dose beaucoup plus faible que les premiers. — M. **M. Lambert** a constaté, après la castration ovarique, une diminution de poids et une augmentation de l'excrétion phosphatée chez la lapine; chez la chienne, au contraire, il se produit une augmentation de poids et une diminution de l'excrétion phosphatée.

M. **Achard** est élu membre titulaire de la Société.

Séance du 28 *Février* 1903.

MM. **Paris** et **Salomon** ont observé chez les enfants une augmentation de la résistance globulaire dans les cas de purpura. — MM. **F. Billon** et **H. Stassano** ont étudié l'action des composés phosphorés organiques naturels et synthétiques sur la nutrition chez les jeunes animaux. L'influence favorable de ces composés ne paraît pas proportionnelle à la quantité de phosphore qu'ils contiennent. — M. **Ch. Féré** a reconnu que le bromovalérianate de soude est facile à tolérer et donne de bons résultats comme calmant et antispasmodique. — MM. **C. Parhon** et **Goldstein** signalent l'existence d'un antagonisme entre le fonctionnement de l'ovaire et celui du corps thyroïde. — M. **M. Nicloux** indique une méthode de dosage de la glycérine du sang basée sur son entraînement par la vapeur d'eau et son oxydation par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique. — M. **E. Wertheimer** signale des expériences de M. Dubois montrant que l'injection d'une solution acide ou de chloral dans le duodénum ou le jéjunum active la sécrétion biliaire. — M. **R. Dubois** a administré une macération de rein de porc pulpé dans un cas d'albuminurie grave, et a obtenu une amélioration immédiate. Il pense qu'il existe dans le rein une antitoxine normale, qui cesse d'être sécrétée dès que le fonctionnement du rein est troublé. — M. **G. Bohn** a reconnu que le milieu où respirent les animaux marins subit des variations incessantes, en particulier sur le littoral où l'eau de mer présente des différences de compositions notables. — M. **C. Fleig** conclut que la sécrétion pancréatique par arrivée d'acide dans l'in-

testin relève d'un double mécanisme, une action directe de la sécrétine sur le pancréas et une action réflexe due à l'acide en tant qu'acide. — MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** ont constaté que tout état d'attention provoque des modifications semblables à celles du travail intellectuel et qui n'en diffèrent que par une question de degré.

Séance du 7 Mars 1903.

M. **L. Cuénot** a reconnu que la règle de Mendel s'applique rigoureusement à tous les croisements entre souris grises, noires et albinos. D'autre part, l'ascendance des albinos a une influence sur la teinte du pelage de leurs descendants. L'auteur explique l'hérédité des couleurs dans ces croisements en supposant qu'elles proviennent de l'action de deux diastases différentes sur un seul chromogène. — M. **J. Dewitz** a étudié les modifications morphologiques obtenues sur quelques plantes dont les graines ont été soumises préalablement à l'action de l'acide borique ou à celle de la chaleur. — M. **A. Laveran** a obtenu des résultats défavorables en colorant les Protozoaires du sang desséché depuis plusieurs mois par le procédé de Giemsa à l'azur II. Il a obtenu de meilleurs résultats en substituant, dans son propre procédé, l'azur II au bleu de méthylène à l'oxyde d'argent. — M. **G. Bohn** a reconnu que les Annélides sont extrêmement sensibles aux modifications chimiques du milieu extérieur, en particulier aux variations de l'acidité et de l'alcalinité de l'eau marine. — M. et Mme **L. Lapicque** ont constaté qu'il y a lieu, avant d'étudier la contractilité de divers muscles, d'étudier d'abord leur excitabilité. — M. **Cl. Regaud** décrit une platine-étuve électrique pour observations microscopiques. — M. **Doyon** a reconnu que la peptone exerce une action d'arrêt sur la sécrétion biliaire et fait contracter énergiquement la vésicule. — M. **D. Calugareanu** a observé des phénomènes de plasmolyse dans la cellule cartilagineuse soumise à l'action de solutions de NaCl ou de sucre de canne. — MM. **A. Dastre** et **H. Stassano** ont constaté que l'activité digestive d'un mélange de 1 centimètre cube de suc pancréatique inactif et de quantités croissantes de kinase croît jusqu'à une certaine limite, à partir de laquelle l'addition d'une nouvelle quantité n'a pas d'effet favorable ni défavorable. La kinase, abandonnée à elle-même ou en présence d'albumine à la température de l'étuve, se détruit rapidement; il en est de même du suc pancréatique inactif. Le mélange des deux affaiblit le suc pancréatique et protège dans une certaine mesure la kinase. En présence d'albumine, ce mélange conserve ses propriétés. — MM. **J. Buckner** et **D. Mezincescu** décrivent le système nerveux intra-utérin. Ils ont étudié également les lésions des ganglions sympathiques de l'utérus cancéreux; elles ressemblent à celles obtenues par section ou arrachement du cordon cervical. — MM. **C. Delezenne** et **H. Mouton** : Sur la présence d'une érepsine dans les champignons basidiomycètes (voir p. 339). — MM. **C. Delezenne** et **E. Pozerski** ont observé que le sérum de chien, quoique doué de propriétés anti-protéolytiques vis-à-vis de la gélatine, est cependant capable de digérer lui-même cette substance en présence de chloroforme. — M. **H. Coupin** a constaté l'extrême facilité d'assimilation du magnésium par le *Sterigmatocystis nigra*. — MM. **R. Oppenheim** et **M. Lœper** ont produit une insuffisance rénale chronique par injection intracapsulaire des poisons du bacille tuberculeux humain d'Auclair. Il est très difficile de produire expérimentalement une destruction lente des capsules surrénales.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 3 Février 1903.

M. **J. Chaine** pense que le muscle mandibulo-auriculaire rudimentaire des Mammifères n'est que le vestige du dépresseur de la mâchoire inférieure des Oiseaux et des Reptiles. D'autre part, le ligament tympano-maxillaire ne serait que le reliquat, chez l'adulte, de la portion moyenne du cartilage de Meckel. — MM. **Ch. Mongour** et **Couratte-Arnaude** ont trouvé qu'il n'est pas possible d'établir un rapport entre la valeur fonctionnelle des reins et le mode d'élimination des chlorures. — M. **Cavalié**, en utilisant la méthode d'Ehrlich chez le lapin, a observé la présence de réseaux péricellulaires imprégnés en bleu autour de la plupart des cellules ganglionnaires de la rétine. — Le même auteur a étudié le rein du dauphin ; il se compose d'un assez grand nombre de lobules composés.

Séance du 3 Mars 1903.

M. **L. Gentès** a observé deux cas de diabète maigre dans lesquels les îlots de Langerhans étaient peu ou pas altérés. — Le même auteur a constaté que le feuillet proximal du corps pituitaire est très riche en terminaisons nerveuses; celles-ci, en raison de la structure du feuillet épithélial, ont la signification d'extrémités originelles de fibres centripètes. — MM. **J. Bergonié** et **C. Roques** ont reconnu que la pénétration de l'acide salicylique au niveau d'une articulation malade par électrolyse se fait dans des proportions suffisantes pour permettre d'utiliser couramment ce mode de pénétration en thérapeutique locale. — MM. **J. Kunstler** et **Ch. Gineste** ont observé, chez le *Balantidium entozoon*, un tractus partant du fond de l'excavation digestive pour aboutir à la dépression anale, comme chez les Flagellés.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 17 Février 1903.

M. **P. Stephan** a étudié l'évolution des corpuscules centraux dans la spermatogenèse de *Chimaera monstrosa*. — M. **C. Gerber** a reconnu que l'augmentation brusque et momentanée de la tension de l'oxygène abaisse fortement le quotient respiratoire des fruits à éthers volatils quand ils sont mûrs; cette diminution est due à l'oxydation des alcools. Quand ils sont encore verts et non parfumés, le quotient respiratoire est, au contraire, augmenté et la maturité est hâtée. — M. **Ch. Livon** a observé que l'effet de l'excitation du dépresseur se trouve complètement inhibé par l'action d'une injection d'adrénaline.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 13 Mars 1903.

M. **Lerat** expose une méthode générale de préparation des éthers-oxydes phénoliques symétriques et dissymétriques, basée sur l'action des sels de soude des dérivés sulfonés des carbures aromatiques sur les phénols sodés. Il a préparé les oxydes de phényle, de p-crésyle et β-naphtyle. Les oxydes de phényl-crésyle (ortho, méta, para) ont été obtenus par l'action du benzène-sulfonate de soude sur le crésylol sodé correspondant. Corps liquides d'odeur aromatique. L'oxyde de β-naphtyl-phényle a été obtenu de l'action du β-naphtalène-sulfonate de sodium sur C^6H^5ONa; solide, fondant à 58°. La réaction inverse n'a pas donné de résultat. L'oxyde de naphtyle α-β (action du β-naphtalène-sulfonate de Na sur $\alpha C^{10}H^7ONa$) fond à 101-102°. — M. **Mouneyrat**, afin de vérifier si la constitution chimique sous laquelle on administre un élément, a de l'influence sur la quantité de cet élément qu'on retrouve dans le sang, a fait plusieurs expériences analogues à la suivante : Il a pris trois chiens auxquels il a administré la même dose d'arsenic, 0 gr.007, à l'un sous forme d'arséniate de soude, à l'autre sous forme d'arsénite de soude et au troisième sous forme de méthylarséniate de soude. Il a trouvé que c'étaient les chiens qui avaient reçu de l'arséniate et de l'arsénite de soude qui contenaient le plus d'arsenic dans le sang. — M. **Moissan** indique la préparation et les propriétés de nouveaux hydrures de rubidium et de césium. M. Moissan présente, en outre, des recherches poursuivies en

collaboration avec M. **Dewar** sur la solidification du fluor, qui se produit à environ 40° absolus; ce corps, à cette basse température, réagit avec flamme et explosion sur l'hydrogène liquide. — M. **Hanriot** a étudié le collargol commercial. Il le considère comme le sel ammoniacal d'un acide insoluble dans l'eau, l'acide collargolique. Le sel ammoniacal donne, par double décomposition avec le nitrate d'argent et le sulfate de cuivre, des collargolates d'argent et de cuivre insolubles. Les sels de sodium et de potassium de l'acide collargolique sont solubles dans l'eau. — MM. **Marie** et **Marquis** communiquent leurs résultats concernant la solubilité du NaCl dans une solution de SO^4Na^2 entre 14°,8 et 34°,28, et montrent que la courbe de solubilité ne présente aucun point singulier permettant de supposer en solution la présence de molécules d'hydratations diverses. — M. Boudouard présente une note de M. **Prud'homme** sur les phénomènes d'oxydation par l'acide chromique en présence d'autres acides. M. Prud'homme a étudié la vitesse d'oxydation de l'acide chromique sur l'indigo, en présence d'acide oxalique et d'acide sulfurique. Elle se trouve considérablement accrue par suite de la formation de combinaisons entre l'acide chromique et ces acides. Ces combinaisons sont peu stables en présence des réducteurs et cèdent facilement leur oxygène : de plus, celui-ci se dégage sous forme d'ozone. C'est à ces deux raisons qu'il faut attribuer l'hyperoxydation qui se produit dans ces conditions. Tous les acides présentent du reste cette propriété, quoique à un degré moindre que les acides oxalique, sulfurique concentré, ferro et ferricyanhydrique. M. Prud'homme montre ensuite que le mécanisme des oxydations par l'acide chromique met toujours en jeu 2 molécules de cet acide pour 3 molécules d'acide bibasique et 1,5 ou 3 molécules du corps réducteur. L'oxygène de l'acide chromique se répartit par moitié entre ce dernier et l'acide destiné à former le sel de chrome. L'auteur énonce enfin les relations qui régissent la vitesse de réduction de l'acide chromique par l'acide oxalique.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

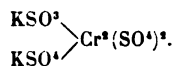
Séance du 27 Février 1903.

MM. **Fleming** et **Clinton** décrivent de nouvelles méthodes pour les mesures de faibles capacités et de faibles inductances, très importantes dans la télégraphie sans fil. Pour la mesure des faibles capacités, ils se servent de la charge et de la décharge rapide d'un condensateur à travers un galvanomètre, effectuée à l'aide d'un commutateur rotatif; le galvanomètre est un galvanomètre différentiel à bobine mobile, ce qui permet d'employer une méthode de zéro, ne nécessitant pas la connaissance des forces électromotrices employées. Les auteurs ont mesuré ainsi la capacité des fils aériens employés dans la télégraphie sans fil, isolés ou groupés de façons diverses; dans tous les cas, la capacité totale de *n* fils a été moindre que *n* fois la capacité d'un fil. Pour la mesure des faibles inductances, les auteurs ont construit un instrument analogue au sec-ohm-mètre d'Ayrton et Perry, mais en y faisant entrer le principe de leur commutateur rotatif; la détermination est faite par la méthode d'Anderson. — M. **A. Campbell** présente le commutateur employé pour les essais de condensateurs au Laboratoire national de Physique. Il est du type construit par M. Searle; mais les isolements en ébonite ne remplissent pas tout l'espace entre les segments et ne sont jamais touchés par les balais. — M. **G.-J. Parks**, dans le but de déterminer l'épaisseur de la pellicule liquide qui se forme par condensation de la vapeur à la surface d'un solide, a exposé des morceaux de coton silicaté de surface connue à l'action de la vapeur d'eau; de l'augmentation de poids, il a déduit que l'épaisseur de la couche d'eau était de $13,4 \times 10^{-6}$ centimètres. Le coton silicaté ainsi recouvert d'une pellicule d'eau ne montre aucun changement au microscope; mais, placé dans l'eau, il ne dégage aucune chaleur. On en déduit que l'effet Pouillet pour l'eau en contact avec le verre est confiné à une couche de cette épaisseur.

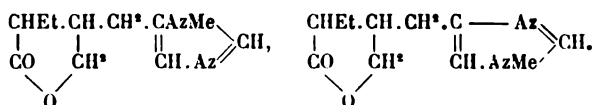
SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 Mars 1903.

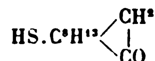
M. **H. Bassett jun.** a constaté que la réduction du chromate ou du bichromate de potasse ou de l'acide chromique par SO^2 fournit 94-95 % de sulfate et 5-6 % de dithionate. Les solutions fraîchement réduites ne donnent pas les réactions du Cr et de SO^4 et semblent contenir au premier moment un composé :



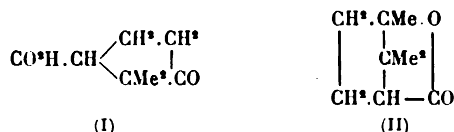
— M. **H.-A.-D. Jowett**, poursuivant ses études sur la pilocarpine, a obtenu dans la décomposition de l'isopilocarpine, à côté du diméthylpyrazol, de la 1-méthylglyoxaline, de la 1:4 ou 1:5-diméthylglyoxaline, de la 1:4 ou 1:5-méthylamylglyoxaline et probablement de la 1:4 ou 1:5-méthylamylèneglyoxaline. Les spectres d'absorption de la pilocarpine et de l'isopilocarpine sont identiques. De l'ensemble de ses travaux, l'auteur déduit pour la pilocarpine l'une des deux formules suivantes :



L'isopilocarpine serait son stéréoisomère. — MM. **H.-A.-D. Jowett** et **C. E. Potter** ont préparé la 1:4 ou 1:5-diméthylglyoxaline, F.55°, et le 1:3-diméthylpyrazol, Eb.148°, pour les comparer aux produits de décomposition de l'isopilocarpine. — MM. **T.-M. Lowry** et **G.-O. Donington** ont préparé le camphre-β thiol



en réduisant le sulfochlorure de l'acide camphresulfonique de Reychler; F.66°. — M. **F.-D. Chattaway** a étudié la transformation isomérique de la dibenzanilide en benzoyl-*o*-amino et benzoyl-*p*-amino-benzophénone. — MM. **A.-G. Perkin** et **F.-M. Perkin** ont préparé avec de bons rendements la purpurogalline par oxydation électrolytique du pyrogallol en présence d'acide sulfurique et de sulfate de soude; le courant était de 4-6 ampères sous 8-10 volts. — M. **E.-G. Hill** a fait l'analyse des sels alcalins (*reh*) contenus dans les terres de l'Inde nommées *usar*, terres qui sont restées jusqu'à présent incultivables parce qu'elles reposent sur un sous-sol imperméable et qu'elles renferment trop de sels solubles. Ces sels se composent de : Na^2CO^3 (88,90 à 95,63 %), NaCl (1,20 à 4,40 %), Na^2SO^4 (3,02 à 9,34 %), et un peu de phosphate soluble. — MM. **W.-H. Perkin** et **J.-F. Thorpe**, en traitant le cyanodiméthylsuccinate d'éthyle par le β-iodopropionate d'éthyle et l'éthoxyde de soude en solution alcoolique, ont obtenu le cyanodiméthylbutanetricarboxylate d'éthyle, et, par hydrolyse, l'acide diméthylbutanetricarboxylique, F. 155°-157°. Si l'on fait digérer le sel trisodique de cet acide avec de l'anhydride acétique, il s'élimine CO^2 et H^2O et il se forme l'acide cétodiméthylpentaméthylènecarboxylique (I), F. 110°. Son éther éthylique, traité par



le méthyliodure de magnésium, fournit une lactone, Eb. 155°-157°, isomère avec la campholactone, et que les auteurs nomment *isocampholactone* (II). C'est la pre-

mière synthèse d'un noyau triméthylpentaméthylénique. Cette lactone, traitée par PBr^5, fournit un éther bromé, qui, chauffé avec KCAz, puis avec KOH, donne l'acide α-campholytique inactif. — MM. **J.-C. Cain** et **F. Nicoll** ont déterminé le coefficient de température de la vitesse de décomposition des composés diazoïques. — MM. **H.-B. Dixon** et **W.-A. Bone** ont fait l'analyse du gaz naturel qui se dégage à Heathfield (Sussex). Il renferme : oxyde de carbone 1 °/₀; méthane 93,16 °/₀; éthane 2,94 °/₀; azote et gaz inertes 2,90 °/₀. — Mlle **K.-I. Williams** a déterminé la composition d'un certain nombre d'aliments cuits d'origine végétale. — M. **R.-W. Gray** a cherché à déterminer la densité du bioxyde d'azote, après l'avoir purifié des autres oxydes d'azote et liquéfié; la valeur moyenne du poids d'un litre de ce gaz, à 0° et à 760 millimètres, est de 1,3402 grammes. — MM. **J. Walter** et **J.-K. Wood** ont étudié l'hydrolyse du chlorhydrate d'urée en se servant comme réactif de la catalyse du sucre de canne ou de l'acétate de méthyle. Entre 25° et 40°, la température n'a pas d'influence sensible sur cette hydrolyse; l'influence de la dilution sur le degré d'hydrolyse x est donnée pour la formule $\frac{x^2}{(1-x)v}$ = constante. La constante de dissociation de l'urée, déduite de ces expériences, est de $1,5 \times 10^{-14}$ à 25°, — M. **J.-K. Wood** a déterminé, par la méthode à l'acétate de méthyle, l'hydrolyse et la constante de dissociation d'un certain nombre de substances faiblement basiques.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 6 *Février* 1903.

M. **W. A. Bone** examine au point de vue économique le développement de l'industrie du fer et de l'acier dans ces dernières années. La production de la Grande-Bretagne n'a pas augmenté dans les mêmes proportions que celles de l'Allemagne et des Etats-Unis, et la Grande-Bretagne a même perdu le premier rang. L'auteur en recherche les causes dans les conditions de la fabrication (prix et transport des minerais et de la houille, marche des hauts-fourneaux).

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 28 *Janvier* 1903.

M. **F. E. Lott** a constaté que certaines végétations mycéliennes ont la propriété de décomposer les solutions d'acide salicylique; la décomposition est activée par l'addition de quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 26 *Janvier* 1903.

M. **S. H. Davies** a déterminé l'efficacité relative d'un certain nombre de substances isolantes par des expériences calorimétriques. La magnésie, le feutre et le liège granulé sont de bonnes substances isolantes; la sciure de bois est la substance la moins chère, mais c'est un mauvais isolant; le kieselguhr est un bon isolant, mais il est un peu lourd. La laine de verre est un bon isolant, mais de qualité très variable. — M. **J. F. Smith** indique une méthode pour déterminer le sélénium dans le coke. La matière finement divisée est attaquée par HCl et le chlorate de potassium; la solution est réduite par SO^2 et précipitée par H^2S; du précipité de sulfures, on sépare ensuite le sélénium. On a trouvé ainsi jusqu'à 0,015 °/₀ de sélénium dans les cokes du Yorkshire.

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 *Mars* 1903.

M. **Th. Tyrer** présente un très long mémoire sur la question de la suppression des droits sur l'alcool pour les emplois industriels. Il examine toutes les faces du problème et en particulier la question de la dénaturation. Il conclut que les droits sur l'alcool ont paralysé en Angleterre toute l'industrie chimique. L'alcool devrait être livré sans taxe aux industriels pour tous les usages légitimes; ils devraient pouvoir l'employer pur, le distiller et le redistiller, l'extraire et le récupérer des résidus et le remettre en œuvre dans un état tel qu'il puisse être aisément rectifié. Tout l'alcool reçu par un industriel serait marqué sur un registre spécial; l'alcool récupéré y serait aussi indiqué avec une mention particulière.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 28 *Janvier* 1903.

M. **P. Kestner** a étudié l'emploi d'un tirage artificiel dans les chambres de plomb combiné avec le refroidissement par l'eau pulvérisée et il a constaté qu'on obtient : 1° un travail plus régulier; 2° une augmentation de production de 50 °/₀, sans augmentation de la consommation d'acide nitrique; 3° une épargne notable de combustible; 4° une attaque égale du plomb, malgré l'augmentation de production. — Le même auteur donne quelques indications sur l'emploi des élévateurs automatiques à acides pour l'alimentation des tours de Glover et de Gay-Lussac.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 23 *Janvier* 1903.

M. **H. T. Galpin** étudie la question des glacières artificielles pour la conservation de certaines marchandises. Il envisage successivement : la production du froid, l'isolement des salles, la ventilation, l'enlèvement de l'humidité et des gaz qui peuvent se former par décomposition des marchandises (putréfaction de la viande, par exemple).

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 6 *Février* 1903.

La Commission chargée par la Société d'étudier la question de l'unification des principaux termes dont se sert la Physique rend compte de l'état actuel de ses travaux et recommande ses résultats à l'adoption provisoire des physiciens. — M. **K. Mey** a déterminé les chutes cathodiques normales que présentent les surfaces pures des métaux alcalins, au sein de l'azote, de l'hydrogène et de l'hélium. Dans une atmosphère d'azote ou d'hydrogène, il se produit, entre le métal et le milieu gazeux, des réactions chimiques; aussi ces chutes cathodiques, bien que petites, ne confirment point les prévisions de M. Warburg. Au sein de l'hélium, au contraire, chimiquement indifférent à ces métaux, l'auteur constate les chutes cathodiques les plus faibles que l'on connaisse; c'est ainsi que, dans ce cas, la lueur cathodique s'observe déjà pour des tensions de 110 volts. Il paraît résulter d'un tableau où l'auteur résume les mesures faites jusqu'à ce jour que l'ordre des métaux rangés par chutes cathodiques décroissantes est identique dans tous les gaz; cette série est, du reste, la même que celles des métaux classés suivant leurs poids spécifiques ou leurs affinités pour l'oxygène; elle est encore identique à la série de Volta. — M. **K Stœckl** décrit et présente à la Société le goniomètre universel de M. de Fedorow, tel que le construit la maison Fuess. Ce goniomètre, à deux limbes, dispense de la mise au point qu'il faut faire pour chaque zone à part, avec le goniomètre ordinaire; cet appareil facilite, d'autre part, l'étude des surfaces vicinales et à facettes. Il se prête encore, de façon bien commode, à la résolution, par des opérations mécaniques et sans calculs, des triangles sphériques qui se présentent si souvent dans les recherches cristallographiques. — M. **E. Warburg** présente quelques données tirées d'un travail de M. **G. Angenheister** et qui ont trait aux propriétés élastiques

des métaux. Voici les résultats relatifs à l'argent et au cuivre :

	COEFFICIENT d'élasticité	COEFFICIENT de rigidité (module de torsion)	ÉLASTICITÉ de volume (= 1/compressibilité)
	—	—	—
Argent . . .	7.600	2.720	12.480
Cuivre . . .	12.240	4.430	17.215

Quant aux alliages de ces deux métaux, les coefficients d'élasticité et de torsion sont intermédiaires entre les valeurs correspondant aux métaux purs, alors que l'élasticité de volume présente une valeur maxima de 23.400 pour l'alliage renfermant équivalent d'argent pour équivalent de cuivre et qui est caractérisé par la température de fusion minima (850°). La conclusion qui se présente à l'esprit, à savoir que les relations entre l'élasticité et la constitution chimique apparaîtraient le plus clairement dans la manière dont se comporte l'élasticité de volume, va être examinée sur d'autres alliages.

Séance du 20 *Février* 1903.

M. **K. Scheel** signale le Catalogue international de la Littérature scientifique, rédigé à la suite d'une invitation de la Société Royale de Londres, et dont les premiers volumes viennent de paraître. On sait que les Gouvernements de presque tous les pays civilisés ont donné leur concours à cette œuvre grandiose, qui embrassera la littérature scientifique tout entière, et dont les sections relatives aux différentes disciplines seront vendues à part, à des prix variant entre 10 et 35 shillings. — M. **J. Stark** communique ses observations relatives à un remarquable phénomène que les arcs voltaïques au mercure présentent dans un champ magnétique. On sait que la lueur cathodique, loin de se répartir, comme c'est le cas de l'anode, sur toute la surface de l'électrode de mercure, se limite à un pinceau lumineux, s'enfonçant légèrement dans la surface cathodique, où il exécute des mouvements de va-et-vient irréguliers et fort rapides. Or, quand on fait passer des lignes de force magnétique perpendiculairement aux lignes de courant de l'arc au mercure, la colonne lumineuse tout entière est déviée et écrasée sur la paroi de l'ampoule, dans le même sens qu'un conducteur ordinaire parcouru par un courant électrique ; le pinceau cathodique éprouve cette même déviation, dans sa partie supérieure, tandis que sa racine, poussée vers le côté opposé de la paroi, est retenue et immobilisée par la force magnétique, et s'enfonce dans le mercure voisin de la paroi, à une profondeur d'autant plus grande que le champ magnétique est plus intense. — M. **F. Dolezalek** a étudié les modifications d'énergie produites par les variations de concentration des solutions concentrées. On sait que la théorie de ces phénomènes est tout particulièrement simple pour les solutions diluées, auxquelles, comme l'a fait voir M. van't Hoff, s'appliquent les lois de Mariotte et de Gay-Lussac. L'auteur fait remarquer que les relations plus compliquées valables pour le cas des concentrations moyennes recommencent à se simplifier à mesure qu'on s'approche des solutions concentrées, qui, dans l'industrie chimique, sont d'un emploi bien plus étendu que les solutions diluées. Au moyen d'un raisonnement dû à M. Nernst, M. Dolezalek réussit à établir une théorie dont il résulte que le logarithme de la tension s'accroît sensiblement en raison directe de la concentration, pour les solutions en question. Voici l'expression du travail que demande le transport d'une molécule d'eau, d'une solution de concentration v_1 (nombre de molécules-grammes de substance dissoute dans 1 molécule-gramme d'eau) à une solution de concentration v_2 :

$$A' = aRT(v_1 - v_2) \ldots,$$

où a est sensiblement constant et caractéristique du corps dissous. Au moyen de cette relation, on représente parfaitement la courbe des tensions partielles de la substance dissoute, en solution concentrée. L'auteur la vérifie encore par l'évaluation des forces électromotrices, et se réserve d'y revenir ultérieurement pour montrer les applications d'ordre chimique dont est susceptible cette relation.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 12 *Février* 1903.

1° Sciences physiques. — M. **F. Hasenöhrl** rappelle que les calculs qu'il a faits pour établir l'absorption des ondes électriques dans un gaz fournissent immédiatement une théorie des milieux troubles. On en déduit, d'autre part, des équations pour la dispersion anormale qui représentent ce phénomène aussi bien que les formules ordinaires. — M. **M. Topolansky** a déterminé physiquement les couleurs de l'échelle internationale de couleurs de Radde et leur position dans le triangle des couleurs. — M. **F. Ehrenhaft** a constaté que la lumière diffuse réfléchie par les solutions de métaux colloïdaux est en partie polarisée dans un plan; le maximum de polarisation fait avec le rayon incident l'angle suivant : Au colloïdal, 118°-120°; Ag>110°; Cu>120°, Pt>115°. Ces particules métalliques paraissent donc conductrices de l'électricité, même pour les courants alternatifs si rapides que représentent les ondulations lumineuses. Le spectre d'absorption des métaux colloïdaux présente une large bande. Celle-ci provient de l'affaiblissement considérable de l'énergie lumineuse d'une certaine longueur d'onde, produite par la résonance de la vibration lumineuse avec l'oscillation propre de même période de la particule; cette résonance permet de déterminer la grosseur moyenne des particules; on trouve pour Au 49-52.10^{-7} cm., pour Ag 38.10^{-7} cm.; pour Pt 48.10^{-7} cm. Ces grandeurs concordent avec celle que l'on déduit, par la théorie de J. J. Thomson, de l'angle du rayon incident avec le plan de polarisation maximum. — M. **H. Meyer** discute les conditions dans lesquelles les acides aminés et les acides pyridinecarboniques sont substitués par l'alkylation soit à l'azote, soit au carboxyle. — M. **H. Renezeder** poursuit ses études sur les résines. Le tétracétyllaricirésinol $C^{17}H^{12}(OCH^3)^2(OCH^3CO)^4$, oxydé par l'acide chromique, fournit un corps $C^{17}H^{12}O^2(OCH^3)^2(OCH^3CO)^4$, qui est saponifié par la potasse alcoolique en une substance fondant à 180°, $C^{17}H^{12}O(OCH^3)^2(OH)^2$. Ce dernier corps donne par acétylation un dérivé diacétylé, F. 168°, et, par méthylation à l'aide du sulfate de diméthyle, un éther diméthylique, F. 131°.

2° Sciences naturelles. — M. **G. Paganetti-Hummler** communique ses recherches sur les cavernes de la Dalmatie méridionale et de l'Herzégovine (environs de Grepci et de Trebinje). Il a déterminé les espèces les plus intéressantes de la faune de ces cavernes. — M. **J. Müller** : Le genre de Coléoptère *Apholenonus* Reitt.

Séance du 19 *Février* 1903.

1° Sciences physiques. — M. **L. Schneider** : La solubilité des sels dans l'eau et ses rapports avec l'extraction du sel de la mer.

2° Sciences naturelles. — M. **Eug. von Daday** a étudié le plankton recueilli par F. Werner en 1900 sur l'Isnik-Gol et l'Albulania-Gol en Asie-Mineure. Sur 43 genres reconnus, 32 sont signalés pour la première fois en Asie mineure. — M. **K. Went** a étudié quelques roches mélanocrates de Monzoni; il les divise en deux groupes, celui des mélaphyres et celui des camptonites.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 31 *Janvier* 1903 (*suite*).

2° Sciences physiques. — M. P. Zeeman présente au nom de M. **J.-J. Hallo** : *La valeur de quelques constantes magnéto-optiques*. Dans sa thèse (La rotation magnétique du plan de polarisation à proximité d'une

bande d'absorption, Amsterdam, 1902), l'auteur a calculé, dans un cas déterminé, les valeurs de trois des constantes figurant dans la théorie des phénomènes magnéto-optiques développée par W. Voigt. A ce moment, l'auteur ignorait que M. Drude s'était efforcé, dans son *Lehrbuch der Optik*, paru en 1900, de se faire une idée grossière de l'ordre de grandeur d'une quantité r, en rapport intime avec une des trois constantes de la théorie de Voigt. M. Hallo examine ici l'ordre de l'accord entre le résultat de M. Drude et ses propres résultats. — M. J.-D. van der Waals présente au nom de **M. H.-E.-J.-G. du Bois** : *L'auto-induction négative.* Une toupie polarisée équatorialement, et dont l'axe de rotation a la direction du champ, se polarise diapolairement dans un champ uniforme, si son mouvement s'effectue d'abord autour de l'axe principal stable, de moment d'inertie principal minimum. Ce résultat théorique se vérifie qualitativement et quantitativement par une toupie magnéto-cinétique aux constantes suivantes : $M = 460\,g$, $M_x = 1.420$ *c.g.s.*, $K_z = 6.640$ *c.g.s.*, pour laquelle la différence $K_z - K_x$ peut accepter des valeurs diverses; seulement, pour des valeurs trop petites de cette différence des moments principaux d'inertie, le mouvement devient critiquement irrégulier à cause de l'imperfection de la symétrie d'inertie du champ terrestre vertical et d'autres influences perturbatrices. Néanmoins, dans ces derniers temps, l'auteur a pu corriger la toupie en question, marchant sur une pointe, de telle sorte qu'elle peut être mise en mouvement avec des différences $K_z - K_x$ beaucoup plus petites et donc avec une sensibilité beaucoup plus grande. De plus, l'auteur a examiné une toupie montée dans un système d'anneaux, dont le volant, constitué de nickeline, portait une série de fentes radiales pour empêcher l'accroissement des courants de Foucault; les constantes de cette toupie sont, dans les mêmes unités qu'auparavant : $M = 990$, $M_x = 8.000$, $K_z = 31.300$, $K_{//} = 20.700$, $K_x = 22.000$. A l'aide de la masse « polaire » de plomb attachée à l'axe, on pouvait augmenter K_x et $K_{//}$ sans faire varier sensiblement K_z. Les masses des deux anneaux de magnalium s'élevaient à 51 et 61 g, leurs moments d'inertie par rapport à un diamètre à 1.700 et 2.600 *c.g.s.* Aussitôt que le pivot de la toupie fait un angle fini avec l'axe de rotation permanent coïncidant toujours en direction avec le champ, les anneaux commencent à se mouvoir de même. Donc, en réalité, l'extrémité de l'axe décrit une ellipse qu'on enregistre facilement. Dans le cas d'anneaux de laiton, les axes de cette ellipse sont entre eux comme 130 et 100; dans le cas d'anneaux de magnalium, ils ne diffèrent que par quelques centièmes. En attendant, les données mentionnées prouvent comment il est difficile d'évaluer le moment d'inertie équatorial en action; il s'ensuit que, pour une vérification quantitative de la théorie, les toupies à pointe l'emportent sur les toupies en anneaux; malheureusement, chez celles-là, l'approximation à l'angle zéro entre l'axe et la direction verticale de la normale du champ est naturellement assez limitée. Au contraire, chez celles-ci, l'angle en question peut s'élever à 50-55° avec conservation de la sensibilité. Si l'on divise le moment induit M_z par unité de champ (gauss) par le volume de la toupie, on obtient la susceptibilité moyenne x; si, au contraire, on divise par le volume de la sphère en mouvement, on trouve une quantité x' plus importante. Par les expériences, on trouve que ces deux quantités deviennent négatives pour des vitesses angulaires petites de la toupie, ce qui entraîne que la perméabilité moyenne est négative. — M. H.-A. Lorentz présente au nom de **M. A.-H. Sirks** : *Quelques phénomènes en rapport avec les lignes de courant dans les électrolytes.* Dans une communication précédente (*Rev. gén. des Sc.*, t. XIII, p. 884), l'auteur s'est occupé de la gravure métallique à l'aide du courant électrique. Ici il s'occupe de la forme des lignes de courant. En plaçant une toile métallique entre l'anode et la cathode, on voit apparaître sur cette toile une tache de cuivre dont la forme dépend des formes des deux pôles; en employant comme anode un écrou hexagonal et comme cathode une plaque carrée de cuivre, l'image hexagonale de la tache sur l'écran placé à proximité de l'écrou se transforme continuellement en un carré lorsque l'on fait mouvoir cet écran de l'anode à la cathode. Néanmoins, l'auteur démontre par la description de plusieurs expériences que la tache de cuivre interceptée par l'écran ne forme pas tout simplement la section de la surface-enveloppe des électrodes. En faisant attention à la polarisation causée par la présence de l'écran métallique, etc., il fait voir que les courants divergent des électrodes en toute direction. — **M. A.-P.-N. Franchimont** : *Sur les soi-disant combinaisons de sels d'acides sulfocarboniques avec des éthers de l'acide sulfurique.* Communication des résultats obtenus par **M. J.-J. Attema**, qui prouvent que les combinaisons indiquées dans le titre n'existent pas; qu'au contraire on a affaire à des combinaisons doubles de sels d'éthers acides des acides sulfocarboniques avec des sels d'éthers acides de l'acide sulfurique. — M. H.-W. Bakhuis Roozeboom présente, au nom de **M. J.-J. van Laar**, deux mémoires : 1° *La conduite électromotrice des amalgames et des alliages.* Ici l'auteur publie plusieurs considérations sur l'expression exacte de la différence de potentiel entre une solution quelconque, solide ou fluide, de deux métaux et un électrolyte contenant les ions de ces deux métaux; 2° *La ligne de fusion des amalgames de l'étain.* Suite (pour la première partie, voir *Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, p. 112). En se servant de la formule :

$$T = T_0 \frac{1 + 0{,}0453\left(\frac{x}{1 - 0{,}74\,x}\right)^2}{1 - 0{,}396 \log (1 - x)}$$

l'auteur obtient un accord sensible entre les valeurs calculées et les valeurs observées, comme le prouve le petit tableau suivant :

TABLEAU I. — ***Ligne de fusion des amalgames de l'étain.***

x	T — 273°,15		DIFFÉRENCE	x	T — 273°,15		DIFFÉRENCE
	calculée	trouvée			calculée	trouvée	
0,1005	211,6	211,6	0	0,6813	104,0	102,4	+ 1,6
0,1716	197,5	198,6	— 1,1	0,7104	99,9	99,0	+ 0,9
0,2338	185,2	183,7	+ 1,5	0,7155	99,2	98,8	+ 0,4
0,2969	171,8	173,0	— 0,2	0,7477	95,0	95,0	— 0,4
0,3856	155,6	155,2	+ 0,4	0,7547	94,1	94,0	+ 0,1
0,5001	134,3	133,4	+ 0,9	0,7963	89,3	90,0	— 0,7
0,5973	117,3	115,2	+ 2,1	0,8189	86,8	88,4	— 1,6
0,6467	109,3	107,4	+ 1,9	0,8921	78,9	79,7	— 0,8
0,6754	105,0	103,4	+ 1,6	0,9483	65,5	65,2	+ 0,3

3° SCIENCES NATURELLES. — M. C. Winkler présente au nom de **M. J.-K.-A. Wertheim Salomonson** : *Déduction de la loi de Weber, étant donnée la loi de l'irritation.* Déduction de la loi $\rho = KB\varepsilon$, en partant de l'expression :

$$E = A\,[1 - \varepsilon^{-B(R - C)}].$$

Discussion de la région de validité de la loi de Weber. Probablement, la loi de Weber n'est qu'une approximation.

P.-H. SCHOUTE.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Le passage de Mercure sur le Soleil du 7 Novembre 1631. — M. Paul Blanc vient de reproduire, dans les *Annales de l'Observatoire Libert*, les plus intéressantes des pièces relatives à ce passage. Képler est le premier qui osa prédire un passage de Mercure sur le Soleil; en 1627, après avoir dressé ses tables Rudolphiones, fondées sur les observations de Tycho-Brahé, il annonça qu'un tel passage aurait lieu le 7 novembre 1631, avec une erreur possible d'un jour environ. Ce passage eut lieu, en effet, et fut aperçu en plusieurs points de l'Europe.

Gassendi, qui possédait cet « avertissement sur ce qu'il fallait observer dans le ciel, sur les phénomènes rares et remarquables de l'année 1631 » de Képler, fut vivement intéressé par la prédiction des passages de Mercure et de Vénus sur le Soleil, et résolut de les observer. Pour le passage de Mercure, il l'observa à Paris, au Collège de France, en projetant l'image du Soleil sur une feuille de papier blanc dans une chambre obscure.

Comme documents relatifs à ce passage on possède, à propos des préparatifs, une lettre de Gassendi à Peiresc; puis, le 28 novembre, Gassendi adresse à Schickard le résultat de ses observations, long mémoire renfermant une description fort intéressante du passage. Ce mémoire fut imprimé et envoyé par Gassendi à Peiresc, Gautier, Golius, Campanella, Galilée, Scheiner et Naudée.

Le 23 février 1633, Scheiner écrit à Gassendi :

« Les nuages m'ont empêché de voir Mercure. Cependant la clémence du ciel a permis au révérend père Jean-Baptiste Cisatus, recteur du collège de notre Société à Innsbruck, en Germanie, mon disciple en mathématiques, de l'apercevoir. Sur la grandeur de la planète vous n'êtes en désaccord que de deux ou trois secondes. Jean Rémus Quiétan, médecin de Léopold, un de mes amis, l'a également observé en Alsace. »

Que sont devenues ces observations?

C'est un point qu'il serait peut-être très important d'élucider, selon la nature et la précision des remarques qui furent faites, et l'on doit être fort obligé à M. Paul Blanc d'avoir, tout en reproduisant l'essentiel de ce que nous savons sur ce passage, signalé la perte possible de ces documents précieux pour l'histoire de l'Astronomie.

Les Comètes en 1903. — M. Giacobini a déjà découvert, à Nice, le 15 janvier, une comète qui devint rapidement de neuvième grandeur et dont l'éclat a augmenté jusqu'à son passage au périhélie, le 28 mars. Désormais, elle s'éloigne de nous, suivant l'orbite qu'en a immédiatement donnée M. G. Fayet.

D'autre part, il existe six comètes périodiques dont on attend le retour en 1903; si l'on y ajoute la comète Tempel, dont le périhélie probable était à la fin de 1902, et la comète d'Arrest, qui a toutes chances d'être perçue avant le commencement de 1904, les astronomes ne manqueront pas d'observations à faire, comme le montre le tableau suivant :

COMÈTE	PÉRIODE de la révolution	DATE DU PASSAGE aphélie	DATE DU PASSAGE périhélie	NOMBRE d'apparitions déjà observés
	ans			
Tempel-Swift.	5,534	3 mars 1900	9 déc. 1902	3
Perrine. . . .	6,441	10 févr. 1900	5 mai 1903	1
Giacobini . .	6,549	3 févr. 1900	15 mai 1903	1
Spitaler . . .	6,402	3 juin 1900	16 août 1903	1
Faye.	7,566	1 janv. 1900	13 oct. 1903	8
Brooks. . . .	7,097	25 mai 1900	12 déc. 1903	2
Winnecke . .	5,832	18 févr. 1901	30 déc. 1903	7
D'Arrest . . .	6,675	24 sept. 1900	22 janv. 1904	6

§ 2. — Métrologie

Le Système métrique. — Le Système métrique, pour devenir universel, n'a plus guère à conquérir que les pays de civilisation anglo-saxonne. Tout annonce que ce sera bientôt fait. Le Parlement américain doit discuter prochainement une loi en rendant l'usage obligatoire pour toutes les administrations publiques, et la Ligue anglaise qui mène campagne en sa faveur a obtenu l'adhésion de plus de 300 membres des Communes à une mesure le déclarant seul légal dans toute l'étendue de l'Empire (dès à présent, il est officiellement sur le même pied que les vieilles mesures britanniques).

Mais les choses ne vont pas sans une vive opposition menée par certains industriels et quelques hommes de science. Les arguments invoqués contre le système métrique peuvent être résumés ainsi :

1° Dans la grande majorité des cas, le pas de vis, le pas diamétral des engrenages, les axes, les écartements, toutes les longueurs mécaniques ont un rapport simple au pouce. On a établi sur ces données des milliers de plans, de modèles et de gauges, qui représentent un capital considérable. Si le système métrique est rendu obligatoire, il faudra remplacer tout cela au prix d'un grand effort et d'une forte dépense. En outre, ceux qui posséderont les machines des anciens types éprouveront toutes sortes de difficultés à se procurer les pièces de rechange.

La réponse des partisans du mètre est aisée : pour les objets mécaniques, disent-ils, qui ne se font qu'à petit nombre d'exemplaires, le renouvellement des plans et des modèles est incessant ; on n'aura aucune difficulté à substituer des mesures métriques aux anciennes mesures en pouces; pour les objets à fabriquer en grand nombre, l'usage est de plus en plus de les finir d'après des gauges et des gabarits dont les dimensions absolues n'ont qu'une importance secondaire, mais qu'on s'efforce de maintenir aussi semblables que possible à elles-mêmes pendant toute la fabrication. Dans une usine moderne de construction mécanique, qui a étalonné par exemple ses forages, il pourra très bien se faire, et il arrivera très souvent en fait, que tous les trous alésés nominalement au diamètre de 1 pouce seront plus grands ou plus petits de plusieurs millièmes, mais ils ne différeront pas entre eux de plus de 0p,0002. Personne ne songe à rechercher leur relation exacte à l'étalon de longueur anglais parce qu'une telle recherche est sans intérêt et sans portée ; personne ne songera davantage à les comparer exactement au millimètre. Rien ne sera changé aux anciennes pratiques, si ce n'est peut-être qu'au lieu de désigner ces étalons de construction technique par leurs dimensions approchées en pouces, on les désignera par des numéros d'ordre, ce qui, à tous égards, sera plus exact et vaudra mieux.

2° L'opinion a été très souvent et très sérieusement soutenue que le système des mesures anglaises était plus simple que le système métrique, et qu'il rendait les calculs beaucoup plus faciles. Il faut se rappeler toute la force de l'habitude et de la routine pour comprendre que, parmi les partisans de cette thèse, se trouvent des hommes d'une science et d'une probité scientifique incontestables. Un grand industriel a fait exécuter dans ses bureaux une série de calculs dans le système anglais et dans le système métrique. Il a reconnu que les erreurs étaient plus fréquentes avec ce dernier. Il ne paraît avoir attaché aucune importance au fait que la plupart de ses employés utilisaient les mesures internationales pour la première fois.

Peut-être sera-il bon de rappeler ici, sommairement, quelles sont les mesures anglaises de longueurs, assurément beaucoup plus simples que celles de surface, de pied ou de capacité.

Le yard se divise en trois pieds de douze pouces. Le pouce admet trois systèmes usités de subdivision : *a*) en 1/12 ; *b*) en divisions binaires jusqu'au 1/64 ; *c*) en divisions décimales à partir des centièmes. Les trois modes de subdivision sont très souvent employés concurremment dans un même plan mécanique.

Les multiples du yard sont le *fathom* (2 yards), le *pale* (5 1/2 yards), la *chain* (4 pales), le *furlong* (10 chains) et le *mile* (8 furlongs) ; on emploie aussi assez fréquemment le *link*, ou centième de chain, qui vaut 7,92 pouces. Au moins dix autres mesures encore sont usitées, sans compter les mesures nautiques. Elles ont en général un rapport entier à l'un des multiples ou sous-multiples du yard, et des rapports fractionnaires à tous les autres.

3° D'autres personnes, parmi lesquelles M. Herbert Spencer, éclarent le système anglais supérieur d'un point de vue philosophique : « La survivance des plus aptes a toujours amené le triomphe des unités se subdivisant par deux ou par trois sur les divisions décimales ». Soit, mais que dire des multiples par 5 1/2, comme le pale par rapport au yard, ou de divisions binaires jusqu'au 1/64 et décimales à partir du centième comme celles du pouce ; les mesures anglaises ne se rattachent à aucun système de numération connue, mais les confondent tous, y compris le décimal qui y gagne de plus en plus sur ses concurrents, malgré la la loi de survivance formulée par M. Spencer.

4° Enfin, quelques professeurs américains reconnaissent pleinement la nécessité d'abandonner les mesures actuellement en usage, mais pensent que le système métrique a des défauts trop graves pour pouvoir être pris à sa place. Ils proposent donc un système nouveau, qu'ils fondent sur les considérations suivantes :

« Le système métrique n'a pas réussi à rattacher ses unités aux dimensions de la Terre : le mètre est un peu plus petit que sa définition théorique, et le Bureau international des Poids et Mesures a renoncé à comparer le kilogramme-étalon à un décimètre cube d'eau distillée, la construction précise d'un décimètre cube étant une impossibilité technique. Les unités internationales de longueur et de poids sont donc arbitraires, comme toutes les autres, et rien ne recommande spécialement leur adoption. La livre et le yard sont presque aussi usitées dans l'ensemble du Monde. Les races anglo-saxonnes peuvent donc les conserver et même espérer en généraliser un jour l'usage.

« Un système de multiples et de sous-multiples de numération uniforme est incontestablement avantageux ; mais les philosophes ont depuis longtemps établi la supériorité de la base 12 sur la base 10. Il faut donc adopter des divisions duodécimales et, pour maintenir les facilités d'écriture et de calcul qu'on rencontre dans le système métrique, adopter du même coup un système de numération écrite, duodécimal aussi.

« Tout changement dans les habitudes invétérées d'un peuple ne se fait qu'au prix d'un grand effort. Si l'on entreprend de changer les mesures et si l'on impose à la nation les embarras et le trouble qui en résultent, peut-être vaut-il mieux bouleverser un peu plus complètement, pendant qu'on y touche, les usages anciens pour arriver à un résultat beaucoup plus digne de l'effort accompli. »

Si vraiment l'Amérique et l'Angleterre peuvent adopter la numération duodécimale, il paraît difficilement contestable que le système proposé ne constitue un grand progrès sur celui de la Révolution française. Mais il paraît bien difficile d'admettre qu'une loi puisse modifier une coutume aussi ancienne, aussi invétérée que celle de compter par dizaines!

§ 3. — Physique

Les hypothèses électronique et ionique. — Les anciennes théories de l'Electricité se sont montrées incapables d'expliquer certains phénomènes électriques se produisant dans les milieux gazeux. Aussi, de nouvelles hypothèses, assez hardies, ont été formulées dans ces dernières années, hypothèses que nous résumerons dans ce qui va suivre, d'après une conférence que M. Russner vient de faire devant la *Société des Naturalistes*[1], à Chemnitz.

Les phénomènes précités ont suggéré l'hypothèse que les atomes chimiques, loin d'être des particules matérielles indivisibles, comprennent une multitude de corpuscules plus petits, susceptibles d'être séparés les uns des autres. Ces corpuscules seraient porteurs de la quantité élémentaire d'électricité, et c'est l'ensemble de cette charge et du corpuscule, son support, que la nouvelle théorie désigne sous le nom d'*électrons*. Chaque atome comportant un nombre égal d'électrons positifs et négatifs, sa tension électrique équivaut à zéro. Mais,

[1] Voir l'*Elektrotechn. Anz.*, n° 8, 1903.

lorsqu'on en sépare un électron négatif, il reste, dans l'atome, un électron positif libre, y produisant une charge positive. On appelle *ion*, soit ce système renfermant un électron en excès, soit l'électron libre lui-même. La masse de l'électron négatif libre est environ la millième partie de celle de l'atome d'hydrogène, tandis qu'il a été jusqu'ici impossible d'évaluer celle de l'électron positif.

Dans la partie de l'Univers où nous vivons, il n'y a pas d'espace absolument vide, un agent parfaitement continu, l'*éther*, étant présent partout, renfermant, dans son sein, les électrons, qui, à leur tour, ne sont que des parties de ce même agent, y apportant des modifications locales. Partie intégrante de l'éther, l'électron transmet à ce dernier ses mouvements propres, et inversement. L'éther est porteur d'énergie, modifiée dans les électrons et leur voisinage immédiat. On admet, en effet, que l'éther est animé d'un mouvement rectiligne, tandis que les électrons, décrivant des orbites circulaires, constituent des tourbillons éthériens. Ils possèdent donc de l'énergie cinétique ou de mouvement; mais, en dehors de celle-ci, ils sont porteurs d'une énergie potentielle, se manifestant comme tension électrique. Le fonds d'énergie cinétique d'un électron (ou d'un ion) est susceptible d'être varié du dehors, de même que la tension électrique, laquelle baisse, en se transformant en énergie cinétique, toutes les fois qu'un électron positif et un électron négatif, cédant à l'attraction électrique, viennent s'associer. Inversement, l'ion consomme de l'énergie et la change partiellement en sa forme électrique, en séparant les deux électrons et les portant à une tension électrique élevée. Lorsque la séparation des molécules matérielles en atomes a lieu sous l'influence d'une température élevée, on désigne ce processus sous le nom de dissociation. En continuant à élever la température, on finit par décomposer les atomes eux-mêmes en ions.

Or, si les atomes chimiques sont susceptibles d'être séparés en leurs parties ultimes, il faut admettre qu'à un temps donné, ces dernières ont été libres. Dans la formation des éléments chimiques, une forte portion de l'énergie potentielle des électrons a, par conséquent, dû être transformée en énergie cinétique, et c'est à ce fait que certains auteurs attribuent, en partie du moins, la température élevée de beaucoup de corps célestes. On appelle *ionisation* d'un gaz la décomposition d'une partie de ses atomes en ions positifs et négatifs. Cet état particulier d'un gaz est constaté, soit en le mettant en relation avec un corps chargé, relié à un électromètre (auquel cas la déviation de cet instrument diminuera, en raison de la neutralisation partielle de sa charge), soit en l'introduisant dans l'intervalle de deux plaques métalliques communiquant avec un galvanomètre; dans ce dernier cas, l'ionisation du gaz se manifestera, grâce à la conductibilité qu'elle produit, par un courant électrique, capable d'être mesuré par la déviation du galvanomètre. Ce procédé se prête surtout à constater une ionisation intense.

On peut produire par des chocs ioniques la température élevée, nécessaire pour séparer les électrons constituant l'atome. Les ions, frappant une particule neutre, peuvent séparer et chasser au loin les ions qu'elle renferme, en raison de la chaleur produite par leur choc, pourvu que l'énergie cinétique de l'ion primitif soit en dessus d'une certaine valeur minima. En diluant le gaz, on peut accroître à volonté le parcours libre des ions et, partant, produire des températures extrêmement élevées. La vitesse de déplacement des ions atteint, à la limite, des valeurs de l'ordre de grandeur de celle de la lumière.

Dans les tubes de Geissler, il se produit des phénomènes lumineux dans les endroits où les particules gazeuses sont décomposées par le choc des ions s'acheminant de la cathode vers l'anode. Lorsque la dilution du gaz n'est pas extrême, l'on observe des alternances de couches claires et obscures; dans les espaces obscurs, les ions ne possèdent pas encore la vitesse nécessaire pour produire la scission des atomes.

Les milieux gazeux sont encore ionisés par l'effet des rayons ultra-violets. On admet que, dans ce cas, les électrons négatifs, dont la période est identique à celle des rayons incidents, se mettent à exécuter des vibrations propres de plus en plus rapides, jusqu'à ce que la scission arrive. Cette espèce d'ionisation est donc liée à des phénomènes de résonance et d'absorption. Comme les rayons ultra-violets du Soleil sont absorbés déjà par les couches les plus élevées de l'atmosphère, l'air de ces couches est constamment ionisé. Les gaz en combustion sont également ionisés, d'autant plus que la flamme est plus lumineuse. Lorsque, dans l'ampoule d'une lampe à incandescence, on porte un métal pur à la chaleur rouge vive, le gaz prend une charge positive, le métal une charge négative; en raison de sa moindre adhérence pour le métal, l'ion positif pénètre, en effet, seul dans le gaz ambiant, pour y compenser un ion négatif. Les rayons de Rœntgen et ceux de Becquerel ionisent également les milieux gazeux; on observe même, dans ces derniers, à la température ordinaire, une ionisation spontanée, faible à la vérité.

On admet qu'en même temps que l'ionisation, il se produit toujours un processus antagoniste, la réunion des ions séparés, appelée *molisation*, et que c'est l'état d'équilibre produit par ces deux effets opposés que l'on observe dans tous ces cas.

§ 4. — Électricité industrielle

Téléphone automatique, système Henri Mager. — L'inventeur de cet appareil s'est proposé le but général suivant : Imposer les communications téléphoniques suivant leur nombre et leur durée, et non suivant un tarif d'abonnement indépendant de l'usage que l'abonné fait de son appareil. Il vise à écarter les conversations inutiles et à réduire l'encombrement des lignes, qui provoque de si fréquents retards dans le service des téléphones; à encourager ainsi et à développer l'usage des postes téléphoniques, tant privés que publics, les uns et les autres s'installant sans frais et n'immobilisant aucun personnel; les bureaux centraux, cependant, auraient un personnel aussi nombreux ou plus nombreux que par le passé, car la communication ne serait pas seulement obtenue par le fonctionnement automatique de l'appareil, mais par le concours de l'appareil automatique des postes et des employés des bureaux centraux.

Les employés du poste central donneraient, comme par le passé, la communication demandée, mais la donneraient seulement sur un signal reçu du téléphone automatique du poste demandeur, signal automatiquement donné par le mécanisme de ce poste dès que l'abonné a payé le montant convenu de la communication.

Toute communication durerait, par exemple, trois minutes, et coûterait 10 centimes, et ces 10 centimes seraient insérés dans la fente d'un appareil analogue aux distributeurs automatiques des gares; cet appareil constitue la seule addition aux appareils téléphoniques actuellement en usage, il fonctionne de la manière suivante :

La pièce de monnaie, représentant le montant d'un entretien de durée donnée, est reçue sur une sorte de balance, à laquelle elle communique un mouvement qui avertit le poste central d'avoir à donner la communication demandée. Dès que cette communication est donnée, la mise en marche d'un mouvement d'horlogerie permet d'en apprécier la durée et la limite à trois minutes ; il suffit, bien entendu, pour la renouveler, de verser à nouveau une pièce de monnaie dans l'appareil. Il est donc facile de remédier par une nouvelle taxe à la rupture automatique de la communication; mais, si cette rupture a lieu au cours des trois minutes accordées, par suite d'erreurs du personnel, de faux branchements, etc., ce qui est très fréquent

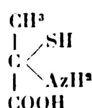
aujourd'hui, il est absolument impossible d'en tenir compte.

L'appareil, ingénieusement réalisé, est muni, en dehors du mécanisme à bascule avertisseur que nous venons de signaler, et du mécanisme d'horlogerie qui règle, ainsi que nous l'avons dit, la durée de la communication, d'un compteur qui enregistre la quantité des communications, de sorte qu'il peut offrir la vérification des sommes contenues dans l'appareil.

Si plus d'une objection peut être faite à ce système, et s'il est possible de conserver quelques doutes sur son fonctionnement pratique, il est du moins à désirer qu'on en fasse largement l'essai sur le réseau téléphonique parisien, afin de lui donner l'occasion de dissiper ces doutes.

§ 5. — Chimie

La constitution de la cystine. — A la suite des recherches de Baumann et de ses élèves, la cystéine a été considérée comme un acide αα-aminothiolactique :



et la cystine comme le disulfure de cet acide. Depuis que l'on sait, grâce au beau travail de Mörner, préparer aisément, en partant de la corne de bœuf ou des cheveux humains, de grandes quantités de ce corps, jadis si difficilement accessible, la question de la constitution de la cystéine et de la cystine a pu être reprise.

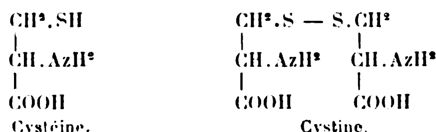
En traitant la cystine par le nitrite de sodium et l'acide chlorhydrique, M. E. Friedmann[1] a obtenu l'acide *dichlorodithiolactique*, huile brune, non distillable, mais que la réduction au moyen du zinc et de l'acide chlorhydrique a transformée en *acide β-thiolactique*. Cet acide n'a pas pu être isolé, mais on a pu le transformer, par l'action du chlorure ferrique, en *acide β-dithiolactique*, identique au produit de synthèse obtenu à l'aide de l'acide β-iodopropionique. La position β du groupe SH était donc démontrée.

En oxydant, d'autre part, la cystéine par le brome en présence de l'eau, M. Friedmann a obtenu un acide cystéique, qui, chauffé en tube Salle à 235° avec de l'eau, s'est dédoublé en taurine et en anhydride carbonique. Dès lors, le groupe AzH² de la cystéine ne peut être qu'en position α, et l'équation de dédoublement devient :



$$CH^2(SO^3H) - CH(AzH^2) - COOH = CH^2(SO^3H) - CH^2(AzH)^2 + CO^2.$$

La cystéine et la cystine deviennent donc respectivement :



[1] E. FRIEDMANN : Beiträge zur Kenntniss der physiol. Beziehungen der schwefelhaltigen Eiweissabkömmlinge. I. Ueber die Konstitution des Cystins (*Beitr. chem. Physiol. u. Path.*, t. III, p. 1. — Laboratoire du Professeur Hofmeister, à Strasbourg).

§ 6. — Zoologie

Le Grand Serpent de mer[1]. — A de fréquentes reprises, les navigateurs ont signalé l'apparition d'un animal gigantesque et plus ou moins serpentiforme, qu'ils désignent sous le nom de Serpent de mer; sans doute, bien des observations se rapportent à de grands animaux déjà connus, comme les *Architeuthis*, les *Selache maxima*, et peut-être même y en a-t-il un bon nombre qui sont tout à fait fantaisistes; elles ont, d'ailleurs, eu pour résultat de discréditer le « Grand Serpent de mer » dans l'opinion des savants. Toutefois, Oudemans relève 162 observations, dont la première en date remonte à 1522, qui sont remarquablement concordantes; elles proviennent de personnes très différentes, d'autant plus dignes de foi qu'elles n'avaient pas connaissance des récits de leurs prédécesseurs. Il paraît donc à peu près certain qu'il existe dans toutes les mers un animal de grande taille, dont la longueur paraît être d'une trentaine de mètres, à cou très long et à tête de phoque, dont le corps arrondi est terminé par une queue pointue qui égale presque la moitié de la longueur totale de l'animal; il a quatre nageoires, une peau couverte de poils, et peut-être une crinière sur le dos et des vibrisses sur le museau; il nage souvent la tête hors de l'eau, et avance en faisant des ondulations dans le sens vertical, ce qui le différencie très nettement des Cétacés. Pour Oudemans, cet être est un phoque gigantesque à longue queue et doit porter le nom scientifique de *Megophias megophias* Rafinesque.



Fig. 1. — *Megophias vu de profil, d'après le livre d'Oudemans.* — La crinière et les vibrisses, vues par beaucoup d'observateurs, n'ont pas été représentées.

Le *Megophias* vient d'être retrouvé, dans des conditions particulières d'authenticité, sur les côtes du Tonkin, par le lieutenant de vaisseau Lagrésille, commandant une petite canonnière du fleuve Rouge appelée l'*Avalanche*, et huit officiers du *Bayard*; deux animaux ont été vus en juillet 1897, plusieurs autres le 15 et le 24 février 1898; la poursuite a été infructueuse en raison de la vitesse supérieure et de la mobilité des *Megophias*, et ils n'ont pu être approchés qu'à deux cents mètres, mais ce qu'on a pu voir concorde d'une façon parfaite avec les caractères attribués par Oudemans au Serpent de mer. Il semble donc bien que l'animal existe, ce qu'il n'était pas superflu de constater, et ensuite qu'il est relativement abondant dans cette région des côtes du Tonkin, qui porte le nom générique de baie d'Along, et qui est célèbre par ses beautés naturelles et la richesse de sa faune.

La Société Zoologique de France a jugé qu'il serait bon d'envoyer une Notice[2] sur l'animal aux officiers de marine qui fréquentent ces régions, pour attirer leur attention et leur faciliter l'observation d'un être si intéressant à tant de titres; cette Notice, très bien rédigée par M. Racovitza, contient ce que l'on sait de plus positif sur le *Megophias* et donne des indications sur les meilleurs procédés à employer pour observer

[1] OUDEMANS : *The Great Sea-Serpent*, London, 1892 (591 pages).

[2] Note sur le grand Serpent de mer, *Megophias megophias* (Rafinesque), à propos d'une observation de M. Lagrésille, faite en 1898 dans les mers du Tonkin (*Bulletin de la Soc. Zool. de France*, t. XXVIII, février 1903, p. 11).

et capturer le Serpent de mer. Comme c'est un animal fort timide et sans doute inoffensif, ce n'est pas en le poursuivant à toute vitesse avec un grand bateau que l'on réussira à le voir de près; il faut tâcher de l'approcher le plus possible en décrivant silencieusement autour de lui des cercles concentriques, puis continuer la poursuite en canot lorsqu'on sera arrivé à une petite distance.

Sans vouloir montrer un scepticisme exagéré, on peut s'étonner cependant, si le *Megophias* existe et n'est pas très rare, que l'on n'ait jamais trouvé son cadavre flottant à la surface de la mer ou échoué sur un bas-fond, comme un simple Cétacé.

§ 7. — Sciences médicales

Les attitudes cataleptoïdes. — La catalepsie est parfois une forme épisodique de l'hystérie, une manière d'être de la névrose. Mais la catalepsie ne doit pas être envisagée comme dépendant nécessairement de l'hystérie.

Si l'on compare entre elles les définitions des auteurs, on s'aperçoit qu'une seule condition est indispensable pour caractériser la catalepsie, à savoir : « l'aptitude du malade à conserver passivement les attitudes, quelles qu'elles soient, qu'on impose à ses membres ».

Pour Lasègue, la catalepsie était constituée par une sorte de coma ou d'insensibilité, jointe à l'aptitude à conserver les attitudes. Sa définition reproduisait celle que Bourdin avait donnée autrefois (1841) de la catalepsie, « maladie caractérisée par la suspension de l'entendement et de la sensibilité, et par l'aptitude des muscles à recevoir et à garder tous les degrés de contraction qu'on leur donne ».

Rien n'est plus exact que la seconde partie de cette définition. Les muscles des cataleptiques sont aptes à recevoir et à conserver tous les degrés de contraction qui permettent de réaliser les attitudes les plus diverses. Ils peuvent même parfois conserver... le mouvement. Certains cataleptiques reproduisent très longtemps le mouvement qui a été d'abord imprimé passivement à un segment de membre : si l'on agite leur main, par exemple, ils saluent ensuite de la main, presque indéfiniment.

Les muscles sont donc aptes à garder tous les degrés de contraction qu'on leur donne. Là-dessus, tout le monde est d'accord ; mais les avis diffèrent sur les autres notions relatives à la catalepsie. Ainsi, pour certains, le coma et l'insensibilité ne caractérisent pas la catalepsie ; plusieurs ont mentionné, en effet, la conservation non seulement de la sensibilité, mais de l'intelligence. D'autres fois, l'intelligence est simplement engourdie, mais elle peut être ranimée par une question posée brusquement sur un ton impératif. C'est ainsi que les choses se passent à la suite de certaines intoxications des centres nerveux. On a affaire alors à la catalepsie symptomatique de M. Brissaud[1].

Le poison peut être le plomb, l'alcool, ou une toxine infectieuse (scarlatine, fièvre typhoïde), souvent aussi l'urémie. MM. Brissaud et Lamy[2] ont établi que, dans ces cas, les attitudes cataleptiques sont superposées à un délire et concordent avec les caractères de ce délire. Chez un de leurs malades, atteint de mal de Bright, on observait les symptômes suivants : agitation, hallucinations visuelles et auditives avec verbiage, puis abattement subit, tristesse profonde, coma, — enfin les attitudes cataleptoïdes.

De même, chez un sujet intoxiqué par l'oxyde de carbone, le malade était dans un état mental particulier. Il semblait indifférent à tout son entourage, menant une existence purement végétative et n'agissant que sous l'influence d'une sollicitation très précise, acceptée d'ailleurs comme un ordre muet auquel il était toujours prêt à obéir. Il *conservait les attitudes*, soit partielles, soit générales, qu'on lui donnait. Sa patience semblait n'avoir pour limite que l'épuisement musculaire. Il ne sentait pas la fatigue, gardait des postures pénibles sans paraître en éprouver ni surprise ni gêne. Il semblait comme « emprisonné dans son geste ». A l'autopsie, on trouva de petites hémorragies de l'écorce cérébrale. Celles-ci avaient agi de la même façon qu'un poison sur les cellules nerveuses de la substance grise du cerveau.

Dans ces deux cas, on observait, en outre, une torpeur intellectuelle compatible, d'ailleurs, avec une certaine activité délirante.

Des observations toutes récentes de M. A. Bauer[1] sont venues confirmer le rôle de l'insuffisance cérébrale dans la production de la catalepsie. Il s'agit de malades urémiques et cancéreux, qui présentaient à la fois la catalepsie symptomatique de Brissaud et une respiration spéciale, dite « rythme de Cheyne-Stokes », c'est-à-dire une succession régulière de périodes de respiration et de périodes d'arrêt respiratoire. Dans la respiration, les inspirations se font de plus en plus profondes jusqu'à un maximum, puis elles diminuent de profondeur et se suspendent. Après l'arrêt de la respiration, qui constitue la deuxième période du rythme, le phénomène respiratoire recommence.

Or, pendant la période respiratoire du rythme de Cheyne-Stokes, les malades ont les yeux ouverts ; ils peuvent ordinairement répondre aux questions, souvent agir. Au contraire, les moments pendant lesquels cesse la respiration sont le plus souvent des instants de profond sommeil, d'anéantissement presque absolu.

Les sujets observés par M. Bauer conservaient, pendant la période respiratoire, l'attitude qui avait été donnée à leurs membres. Lorsque cessait la respiration, le bras, qui, par exemple, avait été levé ou étendu, retombait lentement; mais il était immobilisé de nouveau lorsque la respiration reprenait. Il fallait, pour que la chute du bras fût complète, trois ou quatre périodes d'anéantissement.

Il pouvait en être de même lorsque l'on imprimait à la main du malade un mouvement régulier. Le malade faisait, par exemple, avec la main, un signe d'adieu tant qu'il respirait; le mouvement s'arrêtait avec la respiration.

Ces faits confirment bien l'opinion de M. Brissaud. La catalepsie est sous la dépendance d'un état cérébral particulier. Elle témoigne d'une *activité passive* dont on peut observer certaines manifestations à l'état physiologique, dans le sommeil par exemple, mais qui est surtout évidente au cours de divers états pathologiques, lorsque l'écorce cérébrale est intéressée.

Le Bulletin de l'Institut Pasteur. — Les mémorables travaux de Pasteur ont donné le jour à une science nouvelle : la Microbiologie. Née d'hier, elle a déjà fait ses preuves; elle a ses méthodes propres; elle est consacrée par des résultats d'importance capitale, dont certains ont même eu leur répercussion dans des domaines voisins et ont contribué par là au progrès scientifique général. La science pastorienne mérite donc aujourd'hui d'être prise comme un centre. Ainsi ont pensé quelques disciples du Maître, qui viennent de fonder, sous le nom de *Bulletin de l'Institut Pasteur*[2], un nouvel organe destiné à tenir les savants au courant de tout ce qui se fait en Microbiologie et dans les branches voisines : Clinique, Chimie biologique, Physiologie et Biologie générale.

Ce *Bulletin* sera, avant tout, un recueil d'analyses des travaux récemment parus; celles-ci seront suffi-

[1] Brissaud : La catalepsie symptomatique (*Le Progrès médical*, 3 janvier 1903).
[2] Brissaud et Lamy : Attitudes cataleptoïdes chez un brightique délirant (*Gazette hebdomadaire*, 1890, p. 367).

[1] A. Bauer : Catalepsie symptomatique et rythme de Cheyne-Stokes (*Revue neurologique*, 15 mars 1903.)
[2] Comité de rédaction : MM. G. Bertrand, Besredka, Borrel, A. Marie et F. Mesnil.

samment développées pour donner une idée exacte du mémoire original. Il publiera, d'autre part, des revues, où seront mises au point les questions importantes, les sujets d'actualité. La première de ces revues, faite par M. le Dr Roux, est consacrée aux microbes dits invisibles, qui paraissent de plus en plus jouer un rôle considérable dans la Pathologie.

Le *Bulletin de l'Institut Pasteur* constitue une innovation qui nous paraît assurée d'un grand succès, non seulement auprès des microbiologistes, mais encore auprès de toutes les personnes qui s'intéressent au mouvement scientifique. Les travailleurs sont si nombreux et la production scientifique si intense qu'il serait souhaitable de voir, pour chaque branche de la science, pareille besogne se faire en France. Il y aurait ainsi, pour tous les hommes de laboratoire, une économie de travail très appréciable. Depuis longtemps, l'Allemagne, avec ses nombreux *Centralblätter*, est entrée dans cette voie; nous ne pouvons qu'applaudir ceux de nos compatriotes qui s'y engagent à leur tour, et nous souhaitons au *Bulletin de l'Institut Pasteur* succès et prospérité.

§ 8. — Géographie et Colonisation

La Mission du Bourg de Bozas. — Les membres de la Mission du Bourg de Bozas sont arrivés à Paris le 22 mars, n'ayant plus, hélas, avec eux leur distingué chef, qui, ainsi qu'on l'avait appris peu de temps auparavant, a succombé à une fièvre pernicieuse, le 25 décembre dernier, à Amadi, dans l'Etat indépendant du Congo. On sait que le jeune et courageux voyageur avait consacré sa fortune et ses loisirs à préparer cette expédition scientifique; elle a donné d'importants résultats, et il est pénible de penser que celui qui l'avait si remarquablement outillée et conduite n'a pu recueillir le tribut d'éloges que l'œuvre accomplie devait lui valoir.

M. du Bourg de Bozas était, comme on sait, parti de France, en janvier 1901, accompagné du lieutenant Burthe d'Annelet, du Dr Brumpt, docteur ès sciences, ex-interne des hôpitaux de Paris, de MM. de Zeltner, naturaliste, et Golliez, chef d'escorte. La Mission parcourut durant cette année des régions peu connues de l'Ogaden et du pays des Gallas et revint à Addis-Ababa. MM. Burthe d'Annelet et de Zeltner se détachèrent de la Mission en décembre 1901; M. L. Didier, ingénieur et naturaliste, s'y joignit à ce moment. En février 1902, les voyageurs se remirent en route pour la région des lacs et, étant passés par le lac Rodolphe, ils atteignirent le Nil, le 9 septembre, au poste anglais de Nimoule. De là, ils opérèrent leur retour par l'État indépendant du Congo.

Dès la première année, au cours de sa reconnaissance au pays des Aroussi, dans l'Ethiopie méridionale, la Mission avait abordé des régions dont une bonne partie était encore inconnue. Telle était celle qui s'étend entre les vallées du Herrer et du Dakhatto, séparant les territoires des Gallas de ceux des Somali. Les explorateurs y déterminèrent quelques points de repère : Monts Fické (1.450^{m}), Labou (1.360^{m}), Hadjou (1.210^{m}). Ils étudièrent ensuite le cours de l'Ouabi-Chébéli sur une longueur de 160 kilomètres environ et en reconnurent les affluents de gauche ainsi que les montagnes d'où ils descendent.

La Mission parcourut tout le pays compris entre l'Ouabi-Chébéli et l'Ouébi (Ouebb), ainsi que le pays de Baalé, où s'élèvent des montagnes atteignant jusqu'à 2.200 mètres. Le cours de l'Ouébi fut relevé sur environ 240 kilomètres. Puis, on arriva à la région montagneuse des monts Doadimo, n'ayant pas moins de 3.600 mètres. Après avoir étudié ce massif, la Mission reconnut la plaine Badda, la région presque inhabitée de Boké, et des parties inconnues de la vallée de l'Aouache. Elle arriva le 28 décembre 1901 à Addis-Ababa où elle fut rejointe, le 18 janvier 1902, par le Dr Brumpt, qui, de Goba, au sud de l'Ouebi, avait suivi un autre itinéraire. Après avoir exploré le Denek, affluent de l'Ouébi, il avait gagné Cheik-Houssein par une route différente de celle du voyageur américain Donaldson Smith, et avait reconnu les monts Daro et Dancé, d'où il s'était porté vers l'Ouest, sur Addis-Ababa.

L'étude géologique des régions parcourues amena à constater que le relief si accidenté du sol de l'Ethiopie est le résultat d'un ensemble de phénomènes d'une grande simplicité. Un premier soulèvement a amené à une altitude considérable les épaisses couches de terrains sédimentaires jurassiques. Puis, des fissures qui se produisirent plus tard à la surface du plateau livrèrent passage à des basaltes et à des laves; ces produits éruptifs s'élevèrent en certains points jusqu'à plus de 2.000 mètres au-dessus des terrains sédimentaires, et donnèrent naissance aux chaînes de montagnes qui ont créé les lignes de partage des eaux.

Les terrains sédimentaires de l'Ethiopie paraissent s'être soulevés sans secousse, et, comme on observe la présence de semblables montagnes sédimentaires en des points de l'Afrique très éloignés les uns des autres, on pourrait être conduit à admettre que l'Afrique entière a été soulevée en même temps que l'Ethiopie et que son relief actuel est dû à l'action des agents métamorphiques et atmosphériques.

L'époque quaternaire est richement représentée dans un certain nombre de vallées de l'Ethiopie; la Mission a trouvé aussi beaucoup d'objets en pierre taillée.

D'intéressantes observations de géographie botanique ont pu être faites, les différences d'altitude considérables que l'on trouve en Abyssinie contribuant, avec l'humidité, à rendre très variable le caractère de la flore. Au-dessus de 2.000 mètres, les montagnes sont couvertes d'une abondante végétation arborescente, et c'est aussi à partir de cette altitude que l'on rencontre des plantes herbacées à facies européen.

La faune de l'Abyssinie est aussi très curieuse à étudier au point de vue de la distribution géographique. Le vicomte du Bourg de Bozas cite, parmi les Mammifères observés, le loup d'Abyssinie, qui n'avait pas été signalé depuis longtemps. Tous les groupes zoologiques ont été l'objet d'études spéciales. Nous mentionnerons seulement la découverte, dans les grottes de Logh, où l'Ouebb a un cours souterrain, de curieux animaux cavernicoles.

Quelques tribus de Somali et de Galla, et les Djeberti qui habitent les bords de l'Ouabi-Chébéli, furent étudiés au point de vue ethnographique. Le Dr Brumpt fit des recherches sur diverses maladies exotiques et retrouva dans cette région la maladie appelée *pied de Madura*, qui était connue dans l'Afrique occidentale.

Le vicomte du Bourg avait quitté Addis-Ababa, le 12 février 1902, avec ses compagnons, le Dr Brumpt, MM. Golliez et Didier. Parvenue, au delà du lac Abbay, sur le rebord méridional du grand plateau d'Abyssinie, la Mission passa brusquement de 2.000 mètres d'altitude à 900 mètres, dans la vallée de la rivière Podi, affluent de l'Omo. Le 2 juin, elle atteignit l'Omo à l'endroit où, fermant la boucle qu'il forme vers l'ouest, il reprend une direction nord-sud vers le lac Rodolphe; le 21 juin, elle arriva en vue de ce lac.

L'exploration de toute cette région de lacs amena M. du Bourg de Bozas à émettre, sur la formation de ces lacs, une hypothèse très différente de celles qui avaient été précédemment formulées, notamment par M. J.-J. Harrison. Ce voyageur avait soutenu, durant son voyage de 1899-1900, que la chaîne des lacs qui s'étend entre Addis-Ababa et le lac Stéphanie est le vestige d'une ancienne nappe d'eau qui couvrait jadis toute la région et dont l'écoulement se serait fait, au sud, par la gorge de Godigea (au sud du lac Abbay).

Telle n'a pas été la manière de voir de M. du Bourg. L'espace que ces lacs occupent, a-t-il fait remarquer, est limité à l'est par une grande chaîne orientée nord-est sud-ouest, — limite occidentale du grand massif aroussi, — à l'ouest également par une grande chaîne ininterrompue, qui fait suite aux hautes montagnes abyssines. Toute cette région est d'origine volcanique

et relativement récente. Les deux grandes chaînes envoient par endroits des contreforts; ce sont eux qui ont créé les bassins isolés, dans lesquels les eaux pluviales, provenant des cirques des hautes montagnes environnantes, sont venues s'accumuler. Ces lacs ont des altitudes très diverses, allant de 1.370 mètres (lac Abbay) à 1.900 mètres (lac Abassa). Pour admettre, comme l'avait fait M. Harrison, qu'ils aient formé une nappe unique, il faudrait supposer qu'il ait existé au sud une chaîne de barrages dont le seuil le plus bas ait été au niveau du plus élevé d'entre eux, soit à 1.900 mètres; or, rien dans l'étude géographique et géologique de la contrée ne vient à l'appui de cette supposition. Les lacs sont donc indépendants, et leur alignement dans une même direction a pour seule cause l'orientation des montagnes.

Les divers lacs ont été l'objet, de la part de la Mission, d'investigations scientifiques détaillées. Le vicomte du Bourg avait lui-même adressé à la Société de Géographie des détails sur les lacs Challa, Abassa, Abbay et Rodolphe. Ce dernier, dont il ne vit que la partie nord, est à l'altitude de 565 mètres. « C'est, dit-il, une portion de la grande plaine existant primitivement, qui a été isolée des autres plaines basses qui s'étendent jusqu'au Nil, par suite des éruptions volcaniques qui ont créé un cercle de collines et obligé l'eau à s'accumuler. » Les bords du lac Rodolphe sont, au nord, marécageux et sans profondeur; on y voit des échassiers avancer dans l'eau jusqu'à 2 ou 3 kilomètres.

La structure géologique du sol est uniforme depuis Addis-Ababa jusqu'au voisinage du lac Rodolphe; on n'y rencontre que des roches éruptives plus ou moins anciennes, laves, trachytes, basaltes, etc. Un soulèvement postérieur a mis à découvert une assise de granulite dans le pays de Gofa, entre l'Omo et le lac Abbay.

Quittant l'Omo et le lac Rodolphe, la Mission, prenant la direction de l'Ouest, entra dans le pays des Tourkouana, qui était complètement inconnu. L'aspect de cette région est désertique, et la flore identique à celle de la Somalie; l'eau y est rare. La population semble clairsemée, par rapport à l'étendue de pays qu'elle occupe.

Les Tourkouana sont une des races les moins connues de l'Afrique, mais en même temps l'une des plus belles. Leur type se rapproche de celui des nègres nilotiques, mais est moins accentué. Leur couleur est d'un noir foncé. Ils ne portent aucun vêtement et ont des coiffures surchargées d'ornements. Les hommes sont de haute stature, bien proportionnés et fortement musclés; ils ont l'aspect farouche et belliqueux. Les femmes sont, en général, grandes, maigres, aux traits accentués et rarement jolies; elles portent un tablier en peau de chèvre soutenu autour des reins par une ceinture en perles de fer.

Ces populations possèdent de grands troupeaux de moutons et de chèvres, des bœufs, des ânes et des chameaux. Nomades en même temps que pasteurs, les Tourkouana ont des habitations très rudimentaires. Ceux qui vivent sur les bords du lac Rodolphe sont, en même temps, cultivateurs.

Parvenue à la hauteur du 3e degré de latitude Nord, la Mission reprit la direction de l'Ouest pour rejoindre le Nil. A 100 kilomètres du lac Rodolphe, elle rencontra un plateau élevé d'environ 1.600 mètres, dont les premières hauteurs forment la ligne de partage des eaux entre le bassin du lac Rodolphe et celui du Nil. Bien différent du Tourkouana qui ne possède pas d'eau courante, le plateau est très arrosé et l'herbe y pousse drue et haute. Trois tribus habitent ces parages: les Lodousso, sous-tribu des Karamodjo, les Lango ou Iguiai, les Outoumour. Ces divers indigènes sont cultivateurs.

Le 7 août 1902, la Mission atteignit les premiers villages des Soudanais Choulli. Les hommes sont de taille moyenne et généralement de forte corpulence; les femmes sont fortes et ont pour tout vêtement une ceinture garnie de quelques cordelettes. Les Choulli sont pasteurs et cultivateurs.

A partir de la chaîne de montagnes qui forme la frontière entre les Tourkouana d'une part, les Karamodjo, les Lodousso et les Etopassa d'autre part, la région dans laquelle on entre est uniquement granitique. On peut la considérer comme le bord du grand plateau central africain; le terrain s'incline doucement et uniformément jusqu'au Nil, accidenté seulement çà et là par quelques pitons isolés.

M. du Bourg de Bozas distingue, dans sa description de la faune, trois grandes zones : le plateau abyssin, le bassin du lac Rodolphe et le bassin du Nil. Dans la région des lacs abondent les flamants et des oiseaux aquatiques; la rivière Aouache est peuplée d'hippopotames. En descendant le plateau abyssin, on rencontre le gros gibier, éléphants et rhinocéros. De l'Omo à la frontière des Tourkouana, on voit des troupeaux de gazelles, des girafes, des rhinocéros, des autruches. En approchant du Nil, les herbes, plus hautes, cachent le gibier; il existe en certains points de grands troupeaux d'éléphants. Le lion, qui vit sur le plateau abyssin, se retrouve dans le bassin du Nil.

En dehors de ses notes sur la Géologie, la faune et la flore, dont nous ne pouvons donner ici qu'un aperçu rapide, M. du Bourg de Bozas a consigné aussi d'intéressantes observations climatologiques relatives à la température et au régime des pluies; M. Golliez, chargé de l'escorte, a relevé, en outre, des positions astronomiques; M. le Dr Brumpt a poursuivi ses études médicales sur la Parasitologie. En résumé, cette exploration a été très fructueuse pour toutes les branches de la science. Durant son retour à travers l'Etat indépendant du Congo, la Mission a eu l'occasion de faire aussi d'importantes constatations géographiques; des données des cartes antérieures ont été précisées ou corrigées, notamment en ce qui concerne le cours très sinueux de l'Ouellé supérieur et la chaîne des N'Dirfis, qui domine de deux à trois cents mètres les plateaux couverts de latérite d'où les eaux divergent entre le Congo et le Nil.

Gustave Regelsperger.

§ 9. — Sociétés savantes

Association des Anatomistes. — Les sessions de l'Association des Anatomistes continuent à réunir un nombre de plus en plus grand de spécialistes. La dernière réunion, à Liége, sous la présidence du Professeur Swaen, a eu beaucoup de succès, et les trois journées, quoique bien remplies, ont à grand'peine suffi pour permettre de faire toutes les communications et démonstrations annoncées, et de visiter rapidement les Instituts liégeois, si bien compris et si bien entretenus.

Aux nombreux Anatomistes français et belges s'étaient jointes un certain nombre de notabilités étrangères : MM. Apathy (Hongrie), Deckhuysen (Hollande), Edinger, Klaatsch, Meves, Nussbaum (Allemagne), Romiti (Italie), Schwalbe, Spee (Allemagne), Stirling, Thane (Angleterre), Van Wijhe (Hollande), Waldeyer, Weigert (Allemagne).

La réception des Liégeois a été des plus cordiales; la Municipalité et la Faculté de Médecine se sont disputé le plaisir de réconforter les congressistes par les vins les plus généreux.

La prochaine réunion aura lieu à Toulouse, les 28, 29 et 30 Mars 1904, sous la présidence de M. le Professeur Tourneux, assisté de MM. les Professeurs Herrmann, Laulanié et Roule.

L'ÉVOLUTION DE LA MÉCANIQUE[1]

VII. — LES BRANCHES ABERRANTES DE LA THERMODYNAMIQUE

I. — Le frottement et les faux équilibres chimiques.

Le Principe de la Conservation de l'Énergie est une souche puissante dont les racines plongent profondément au sein de nos premières conceptions mécaniques; de cette souche s'élèvent plusieurs tiges; nous venons de décrire la principale: la Statique formulée par Gibbs en est la base; elle se continue par la Dynamique dont Helmholtz a donné l'esquisse.

Cette tige est la première qui se soit élancée du Principe de la Conservation de l'Énergie; elle est donc la plus développée et la plus vigoureuse; elle n'est pas unique; à côté d'elle, d'autres ont poussé depuis peu, qui doivent un instant arrêter notre attention.

En effet, la Statique de Gibbs et la Dynamique de Helmholtz, si vastes soient-elles, ne suffisent pas à embrasser l'immensité des phénomènes physiques; il est des modifications qui ne se soumettent pas à leurs lois, des systèmes qui ne se laissent pas représenter par leurs formules.

Les systèmes qui suivent les règles de cette Statique et de cette Dynamique sont définis avec précision par un certain caractère : Toute suite continue d'états d'équilibre d'un tel système est une modification réversible. Si un système ne présente pas ce caractère, il ne peut se plier aux règles de cette Statique et de cette Dynamique; les moyens de le mettre en équilibre, les lois de son mouvement doivent être demandés à une autre Statique et à une autre Dynamique.

Or, nous avons déjà rencontré des systèmes dont les états d'équilibre, rangés en une suite continue, ne forment pas une modification réversible[2]; ce sont les systèmes susceptibles d'altérations permanentes; nous voilà donc avertis tout d'abord qu'il y a lieu de créer une Statique spéciale, une Dynamique spéciale pour les systèmes qui peuvent éprouver des altérations permanentes.

Ce ne sont pas les seuls systèmes qui réclament la création d'une Mécanique particulière; nous allons en définir une autre catégorie dont les exigences ne seront pas moindres.

Qu'est-ce qu'une modification réversible? C'est une suite continue d'états d'équilibre; mais, de plus, c'est la frontière commune entre deux groupes de modifications réelles, dirigées en deux sens, inverses l'un de l'autre. Supposons qu'une modification réversible relie les deux états extrêmes A et Ω. On pourra déterminer une modification réelle infiniment lente, menant le système de A en Ω; cette modification le fait passer par une suite d'états dont chacun diffère infiniment peu de l'un des états d'équilibre qui forment la modification réversible ; de plus, en ces deux états infiniment voisins, le système est soumis à des actions extérieures infiniment voisines. On pourra aussi déterminer une modification réelle, menant le système de Ω en A, et douée de propriétés analogues.

Imaginons maintenant qu'en étudiant un système physique, nous constations la particularité que voici : En général, étant donné un état d'équilibre, si l'on modifie infiniment peu, *et cela d'une manière quelconque*, les propriétés que possède le système en cet état, les actions extérieures qui l'y sollicitent, on l'amène à un nouvel état d'équilibre. Il est clair qu'une suite continue de tels états d'équilibre ne peut être une modification réversible; car une autre suite d'états, infiniment voisine de la première, sera encore une suite d'états d'équilibre; ce ne pourra pas être une modification réelle. Un système qui offre une semblable particularité ne présente donc pas le caractère auquel on reconnaît les systèmes soumis à la Mécanique de Gibbs et de Helmholtz; il exige la création d'une autre Mécanique.

Précisons le caractère qui marque cette nouvelle catégorie de systèmes matériels. Ce caractère est le suivant : Pour chacun de ces systèmes, on peut concevoir des états d'équilibre tels qu'en tout état suffisamment voisin de l'un d'eux, le système demeure en équilibre si on le soumet à des actions suffisamment voisines de celles qui le maintenaient en équilibre dans le premier état.

Les exemples de semblables systèmes abondent; empruntons le premier à la Mécanique chimique.

Aux températures élevées, à 1.500° ou à 2.000°, un mélange d'oxygène, d'hydrogène et de vapeur d'eau présente la marque à laquelle on reconnait les systèmes soumis à la Mécanique de Gibbs et de Helmholtz ; à une température donnée et sous une pression donnée, le mélange en équilibre a une composition déterminée ; si l'on change quelque

[1] Voyez les six premières parties de cette étude dans la *Revue générale des Sciences* des 30 janvier 1903, p. 63; 15 février, p. 119; 28 février, p. 171; 15 mars, p. 247; 30 mars, p. 301, et 15 avril, p. 352.

[2] Voir *Les Fondements de la Thermodynamique*, VI (*Revue générale des Sciences*, 14e année, p. 311, 30 mars 1903).

peu cette composition sans changer la température ni la pression, on rompt l'équilibre du système; en accroissant quelque peu la proportion de vapeur d'eau, on crée un mélange au sein duquel la vapeur d'eau se dissocie; en diminuant cette même proportion, on crée un mélange au sein duquel l'oxygène et l'hydrogène se combinent; en coordonnant, suivant telle loi que l'on voudra, la température et la pression, on obtient une suite continue d'états d'équilibre, et *cette suite est une modification réversible.*

Il en est tout autrement aux basses températures, à 100°, à 200°; ici, quelle que soit la composition du mélange, quelle que soit sa teneur en vapeur d'eau, l'équilibre chimique est assuré; il ne se produit ni dissociation, ni combinaison. Prenons donc un tel mélange, à 200° et sous la pression atmosphérique ; assignons-lui successivement, par la pensée, toutes les compositions possibles, depuis celle qui correspond à l'absence totale de vapeur d'eau, jusqu'à celle que l'on obtient en poussant au maximum la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène; nous obtenons une suite continue d'états d'équilibre, mais non pas une modification réversible; car, à partir de l'un quelconque des états qui composent cette suite, nous pourrons altérer de petites quantités quelconques la pression, la température, la composition sans que le système cesse d'être en équilibre.

L'étude du mouvement purement local, objet de l'ancienne Mécanique, donne lieu à des constatations analogues.

Sur une surface qui présente un point culminant et dévale de tous côtés autour de ce point, plaçons un très petit corps pesant dont le contact avec la surface ne soit pas exempt de frottement. Ce n'est pas seulement au point culminant que ce petit corps demeurera en équilibre; c'est encore sur les pentes, pourvu qu'elles ne soient pas trop raides; aussi pourra-t-on, autour du sommet, délimiter une certaine aire en tout point de laquelle le petit corps pesant demeurera immobile; une ligne quelconque, tracée dans cette aire, définira une suite continue d'états d'équilibre, mais non pas une modification réversible; car, à partir de l'un quelconque de ces états d'équilibre, on pourra déranger quelque peu le mobile, changer quelque peu la force qui le sollicite; toujours, il demeurera en repos.

Le système mécanique qui nous fournit cet exemple si simple va nous fournir également le nom par lequel nous désignerons la catégorie des systèmes matériels qui nous occupe en ce moment; nous les nommerons des *systèmes à frottement.*

C'est donc de la Statique et de la Dynamique des systèmes à frottement, essentiellement distinctes de la Statique et de la Dynamique développées jusqu'ici, qu'il nous faut maintenant traiter.

Mais au seuil même de cette recherche, une objection nous arrête : Existe-t-il réellement des systèmes à frottement? Les particularités que nous avons cru observer et qui nous ont servi à les définir ne sont-elles pas de simples illusions? Ne s'évanouissent-elles pas lorsqu'on les soumet à une analyse quelque peu minutieuse?

Selon la plupart des mécaniciens, un corps solide qui glisse ou roule sur un autre ne frotte pas; mais une multitude de petites aspérités hérissent les deux surfaces en contact; elles s'engagent les unes dans les autres, s'engrènent, s'accrochent, se brisent; et le frottement n'est qu'une fiction en laquelle on englobe, sans les analyser, ces phénomènes imperceptibles, innombrables et compliqués.

A 100°, à 200°, un mélange d'oxygène, d'hydrogène et de vapeur d'eau semble en équilibre quelle que soit sa composition; selon plusieurs physiciens, cet équilibre n'est qu'apparent; en réalité, l'oxygène et l'hydrogène se combinent, mais avec une extrême lenteur, avec une lenteur telle que les observations des laboratoires ne peuvent déceler aucune trace de cette combinaison; cette lenteur seule différencie les phénomènes observés à basse température des phénomènes observés à haute température.

Quelle est l'exacte portée de ces objections?

Il n'est pas douteux que deux surfaces rugueuses frottent plus énergiquement l'une sur l'autre que deux surfaces lisses; on n'en saurait conclure que deux corps, se touchant par des surfaces rigoureusement lisses, ne frotteraient aucunement; l'existence avérée d'un frottement fictif, synthétisant l'effet des aspérités et des déformations, ne suffit pas à exclure la possibilité d'un frottement réel. D'ailleurs, l'Hydrodynamique [1] nous oblige à considérer d'autres frottements que le frottement mutuel de deux corps solides; elle nous montre qu'un liquide frotte sur un solide, que deux liquides superposés frottent l'un sur l'autre le long de leur commune surface; quelles aspérités, quelles rugosités, quels engrenages cachés invoquerait-on, dans ce dernier cas, pour réduire le frottement à une apparence?

D'autre part, la réalité d'un état d'équilibre est toujours niable; là où l'un pense voir un système en équilibre, l'autre peut, sans crainte du démenti, prétendre qu'il y a mouvement, mais mouvement tellement lent que les observations les plus prolongées ne laissent constater aucun changement

[1] P. Duhem : *Recherches sur l'Hydrodynamique*; 4e partie : *Les conditions aux limites* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, t. V, 1903).

dans le système. Poussant à l'extrême cette fin de non-recevoir, M. J. H. van't Hoff n'a pas hésité[1] à regarder le temps qui s'est écoulé de la période houillère à nos jours comme trop court pour que certains systèmes chimiques aient subi une transformation appréciable. Mais cette opinion ne peut se réclamer du contrôle de l'expérience; si l'expérience est incapable de la contredire, elle est non moins incapable de la confirmer; il faudrait, pour qu'elle pût apporter un témoignage, qu'elle fût étendue à des durées auprès desquelles les périodes géologiques ne sont qu'un moment; encore, si son témoignage était défavorable, pourrait-on toujours le récuser et exiger des essais qui dureraient encore plus longtemps.

Une telle échappatoire n'a évidemment qu'un but: Soumettre la Physique tout entière aux lois de Statique et de Dynamique qui ont été formulées par Gibbs et par Helmholtz. Elle aurait une valeur logique si nous pouvions reconnaître par ailleurs la légitimité de ce but, si nous avions des raisons de croire que tous les systèmes matériels se doivent plier aux règles de cette Statique et de cette Dynamique. Mais de telles raisons, nous n'en avons pas. Pour définir les systèmes qui se plient à ces règles, nous avons, parmi tous les systèmes concevables, découpé un certain groupe; nous avons fait ce découpage d'une manière arbitraire, par cette hypothèse posée *a priori* : Toute suite continue d'états d'équilibre de l'un des systèmes considérés forme une modification réversible.

L'expérience a prouvé que notre hypothèse était utile, qu'elle n'était pas un vain jeu d'esprit, sans objet réel; que la ligne de démarcation tracée par elle, et qui eût pu n'enserrer qu'une infime parcelle, délimite un domaine vaste et fécond. La Mécanique des systèmes à modifications réversibles s'est montrée apte à représenter, avec une suffisante approximation, un grand nombre de phénomènes physiques. Sommes-nous autorisés par là à penser que tous les phénomènes produits dans la Nature inanimée se doivent ranger aux ordres de cette Mécanique ? Notre hypothèse n'était, au sens propre du mot, qu'une *définition*; dans l'immensité du possible, elle circonscrivait un cas infiniment particulier. Du fait que ce cas particulier représente une bonne part du réel, sommes-nous en droit de conclure qu'il comprend tout le réel? Devons-nous, à tout prix, enfermer la Nature physique tout entière dans ce petit îlot, autour duquel s'étend à l'infini l'océan des systèmes que la raison peut concevoir ? Nous est-il permis, dans ce but, de rejeter les témoignages les plus obvies, les plus sûrs, les mieux contrôlés de l'expérience, au moyen d'invérifiables affirmations? N'est-il pas plus logique de penser que ce qui paraît à notre esprit comme un cas particulier n'est aussi, dans la Nature, qu'un cas particulier? Qu'en dehors des systèmes dont les états d'équilibre peuvent toujours se ranger en modifications réversibles, il existe une infinité d'autres systèmes dont la Statique n'est pas la Statique de Gibbs, dont la Dynamique n'est pas la Dynamique de Helmholtz, et que, parmi ces systèmes, se rangent précisément les systèmes doués de frottement ?

Donc, les lois selon lesquelles les systèmes à frottement se meuvent ou demeurent en équilibre réclament une formule particulière. Cette formule, on ne la demandera pas au hasard. La formule imposée à la Statique par Gibbs, à la Dynamique par Helmholtz, s'est montrée admirablement féconde; il est naturel d'en sauvegarder le type autant que possible; de tirer la formule nouvelle de la formule ancienne au moyen d'additions et de modifications aussi légères qu'il se pourra; c'est l'idée qui nous a servi de guide lorsque nous avons construit la Mécanique des systèmes à frottement[1].

Il serait malaisé d'exposer celle-ci sans entrer dans des détails que cet écrit ne comporte pas; essayons, toutefois, d'en tracer une sommaire esquisse et, dans ce but, bornons-nous à l'étude d'un système qu'une seule variable normale, hors la température, suffit à définir.

Représentons cette variable unique par la lettre α; si $\mathfrak{F}$, A, J, v sont le potentiel interne, l'action extérieure, la force d'inertie et l'action de viscosité, nous pouvons, selon la Dynamique de Helmholtz[2], écrire à chaque instant l'égalité :

$$A + J + v = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}. \tag{3}$$

Cette égalité, loi générale du mouvement du système, implique la loi de ses équilibres, loi conforme à la Statique de Gibbs.

L'équilibre des systèmes à frottement ne se conforme pas à la Statique de Gibbs; l'égalité (3) ne leur est donc plus applicable; mais on peut tenter de la modifier de telle sorte qu'elle s'étende à de tels systèmes.

Dans ce but, on continuera à attacher à chaque état du système une grandeur $\mathfrak{F}$, déterminée sans

[1] J. H. van't Hoff : *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, série II, t. VI, 1902.

[1] P. Duhem : Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques (*Mémoir[illegible] la Société des Sciences physiques et naturelles de* [illegible] 5e série, t. II, 1896). — Recherches sur [illegible] 4e partie (*Annales de la Faculté des* [illegible] 2e série, t. V, 1903).

[2] Voir : *La Statique gé*[illegible]*rale*, II (*Revue générale* [illegible] 15 avril 1903).

ambiguïté par la connaissance de cet état; à cette grandeur, que l'on nommera encore le potentiel interne, on continuera à rattacher l'Énergie interne et l'Entropie par les relations antérieurement connues; l'action extérieure, la force d'inertie, l'action de viscosité resteront définies comme par le passé; mais ces éléments ne suffiront plus à poser l'équation du mouvement du système; il sera nécessaire de connaître un nouvel élément, l'*action de frottement f*.

Cette action, toujours positive, dépendra, comme l'action de viscosité, de la température absolue, de la variable α, de la vitesse générale $\alpha' = \frac{d\alpha}{dt}$; mais, contrairement à ce qui a lieu pour la vitesse généralisée, elle dépendra également de l'action extérieure A; en outre, elle ne s'annulera pas en même temps que la vitesse généralisée; celle-ci tendant vers zéro, l'action de frottement tendra vers une valeur positive g.

Pour régir le mouvement du système, nous n'aurons plus ici une équation unique, mais deux équations distinctes; la première ne devra être employée que si la vitesse généralisée $\alpha' = \frac{d\alpha}{dt}$ est positive; elle aura la forme suivante :

$$A + J + v - f = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}. \tag{4}$$

La seconde s'écrira :

$$A + J + v + f = \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}. \tag{4 bis}$$

Elle sera réservée au cas où la vitesse généralisée $\alpha' = \frac{d\alpha}{dt}$ est négative.

Quant à la condition d'équilibre, elle sera représentée non plus par une égalité, mais par une double inégalité exprimant que la valeur absolue de la différence $A - \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}$ ne surpasse pas g :

$$-g \leqslant A - \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha} \leqslant g. \tag{5}$$

Passons rapidement sur ce qui touche à l'équation de la force vive; on en peut répéter ici presque tout ce qui a été dit en étudiant la Dynamique de Helmholtz; il y a lieu seulement d'ajouter au travail de la viscosité le travail du frottement, et ce dernier, comme le premier, est toujours négatif. Passons aussi sur l'inégalité de Clausius, qui demeure exacte dans la Dynamique nouvelle; là encore, le travail du frottement ne fait que s'ajouter au travail de la viscosité. D'autres conséquences des lois qui viennent d'être formulées et, particulièrement, de la condition d'équilibre vont nous arrêter un peu plus longtemps.

La Statique de Gibbs exigerait que la différence $A - \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}$ fût nulle, partant comprise entre $-g$ et $+g$; les états d'équilibre que prévoit cette Statique, et que l'on nomme habituellement les états de *véritable équilibre*, se trouvent donc au nombre de ceux que prévoit la Statique nouvelle; mais celle-ci annonce l'existence d'une infinité d'autres états d'équilibre, que l'on désigne sous le nom d'états de *faux équilibre*.

Si la valeur de g est grande, les états de faux équilibre s'étalent, de part et d'autre des états de véritable équilibre, en un vaste domaine; ils se resserrent, au contraire, auprès des états de véritable équilibre si la valeur de g est petite; si cette valeur devenait suffisamment faible, les états de faux équilibre s'écarteraient si peu des états de véritable équilibre que l'expérience ne les en pourrait plus distinguer; pratiquement, la Statique des systèmes à frottement se confondrait alors avec la Statique de Gibbs.

Ce n'est là qu'une application particulière de la remarque suivante : La Statique de Gibbs, la Dynamique de Helmholtz sont des formes limites de la Statique et de la Dynamique des systèmes à frottement; celles-ci tendent vers celles-là lorsque les actions de frottement deviennent infiniment petites.

Cette remarque n'est pas une simple vue de l'esprit; elle prend un intérêt particulier dans l'étude des équilibres chimiques [1].

Pour mieux fixer l'attention, choisissons un exemple étudié avec grand soin par M. Ditte et par M. Pélabon. En un tube scellé, chauffons du sélénium liquide, que surmonte un mélange de vapeurs de sélénium, d'hydrogène et d'acide sélénhydrique. Tant que la température ne surpasse pas 150°, le système demeure en équilibre quelle que soit la composition du mélange gazeux; lorsque la température s'élève davantage, le système devient capable de réaction chimique; si le mélange gazeux est pauvre en acide sélénhydrique, le sélénium et l'hydrogène se combinent; si le mélange gazeux est riche en acide sélénhydrique, ce composé se dissocie. A une température donnée, on observe le phénomène de *combinaison* tant que l'acidité du mélange est inférieure à une certaine limite; on observe, au contraire, le phénomène de

[1] Nous avons exposé la théorie des équilibres chimiques en tenant compte du frottement et les principales applications de cette théorie dans les écrits suivants : *Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques*; Paris, 1896. — *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, Livre II; t. I, Paris, 1897. — *Thermodynamique et Chimie, leçons élémentaires à l'usage des chimistes*; leçons XVIII, XIX et XX, Paris, 1902.

dissociation toutes les fois que l'acidité surpasse une autre limite, et cette seconde limite est supérieure à la première; lorsque l'acidité est comprise entre ces deux limites, le mélange est assurément en équilibre.

Au fur et à mesure que la température s'élève, l'acidité qui limite supérieurement la zone de combinaison et l'acidité qui limite inférieurement la zone de dissociation se rapprochent l'une de l'autre; la zone d'équilibre va s'amincissant; à 325°, son épaisseur devient indiscernable; le théoricien peut bien encore supposer qu'il subsiste une action de frottement de très petite valeur; mais, pour l'expérimentateur, il ne se produit plus que des états de véritable équilibre, soumis à la Statique de Gibbs.

Ce que nous venons d'observer en cet exemple est un cas particulier d'une règle générale; en tout système chimique, les actions de frottement vont s'affaiblissant lorsque la température s'élève; très grandes à basse température, elles empêchent toute réaction chimique; à partir d'une certaine température, qui varie avec le système chimique étudié, la réaction devient possible, mais elle est limitée par de faux équilibres; puis, lorsque la température atteint un degré suffisamment élevé, la région des faux équilibres devient si étroite que l'expérimentateur ne peut plus la discerner; pratiquement, on n'observe plus que des équilibres véritables, traçant la frontière commune de deux réactions de sens inverses; une suite de tels états d'équilibre forme une modification réversible.

C'est donc seulement lorsque la température surpasse une certaine limite, variable d'un système chimique à l'autre, que l'on peut user des lois de la Statique énoncées par Gibbs et ses continuateurs; jamais on n'aurait pu étendre aux réactions chimiques les lois de cette Statique, si l'on s'était borné à considérer les transformations produites à basse température; cette extension eût été impossible si H. Sainte-Claire Deville n'avait eu l'idée géniale de demander à la Chimie des températures très hautes le secret de la Mécanique chimique. Le service qu'il a, par là, rendu à la science est comparable à celui que Galilée a rendu à l'étude du mouvement local lorsque, faisant abstraction du frottement, il a osé énoncer la loi de l'inertie.

Il était nécessaire, pour que la science pût commencer à se développer, que cette Statique de Gibbs, qui est une Statique très simplifiée, fût exposée tout d'abord; mais, parce que cette Statique est une Statique très simplifiée, le développement de la Mécanique chimique s'arrêterait bientôt si l'on ne cherchait pas à la compléter; en particulier, les réactions chimiques accomplies à la température ambiante, celles que l'on produit à chaque instant dans nos laboratoires demeureraient incompréhensibles. L'intervention du frottement débrouille ce chaos; par la considération des faux équilibres, l'influence de la température sur les transformations chimiques cesse d'être un mystère; l'étude de la stabilité de ces mêmes équilibres est la clé de la théorie des explosions.

D'ailleurs, les phénomènes de faux équilibre ne se rencontrent pas seulement dans l'étude des actions purement chimiques; la vaporisation de certains solides est parfois arrêtée par de semblables équilibres, et on les rencontrera probablement dans l'étude de la congélation des liquides [1]. Ainsi s'affirme l'universelle nécessité d'une Mécanique d'où les actions de frottement ne soient pas bannies.

II. — Les Altérations permanentes et l'Hystérésis.

Lorsqu'on range, en une suite continue, un ensemble d'états d'équilibre présentés par un système à frottement, on n'obtient pas une modification réversible; par ce caractère, les systèmes à frottement échappent aux prises des théorèmes les plus usuels de la Thermodynamique; ils nécessitent une Statique spéciale, une Dynamique spéciale. L'impossibilité de former une modification réversible en rangeant en suite continue un ensemble d'états d'équilibre n'est pas l'exclusive propriété des systèmes à frottement; nous l'avons également rencontrée en étudiant un système capable de déformations permanentes [2].

Les systèmes à altérations permanentes se rapprochent donc des systèmes à frottement parce que la notion de modification réversible est inapplicable aux uns comme aux autres; mais l'analogie s'arrête là. Des différences essentielles séparent ces deux catégories de systèmes.

Considérons un état d'équilibre d'un système à frottement; en général, il n'est pas possible d'amener le système à cet état par une modification qui soit toujours infiniment lente, non plus que l'en faire sortir par une telle voie; seuls, certains états d'équilibre exceptionnels peuvent être rencontrés en une modification d'une lenteur extrême.

Prenons, au contraire, un état d'équilibre d'un système capable d'altération permanente; une modification d'une lenteur toujours infinie peut y amener le système; elle peut l'en faire sortir. Mais

[1] P. Duhem : Sur la fusion et la cristallisation et sur la théorie de M. Tammann (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, 2e série, t. VI, p. 93, 1901).

[2] Voir : *Les fondements de la Thermodymanique*, VI (*Revue générale des Sciences*, 14e année, p. 311, 30 mars 1903).

imaginons que, pour tirer le système de cet état par une modification infiniment lente, nous ayons fait varier la température et les actions extérieures suivant certaines lois; faisons passer cette température et ces actions extérieures par le même ensemble de valeurs, mais en ordre inverse; le système subira une nouvelle modification infiniment lente qui ne sera pas le simple renversement de la première, qui ne le fera pas rétrograder par les mêmes états, qui, généralement, ne le ramènera pas à l'équilibre initial.

La théorie des systèmes capables d'altérations permanentes sera donc distincte de la Mécanique générale dont, après Gibbs et Helmholtz, nous avons esquissé les principes; mais elle sera distincte également de la Mécanique des systèmes à frottement; ce sera une nouvelle branche de la Mécanique.

Comment cette Mécanique nouvelle va-t-elle se constituer?

La pensée maîtresse nous intéresse seule ici; le détail des formules ne saurait trouver place dans cet écrit; bornons-nous donc à l'étude d'un cas simple qui laissera mieux transparaître les contours de l'idée; choisissons, comme objet de notre analyse, un système défini par une seule variable normale, hors la température; par exemple, un fil tendu pour lequel la longueur sera cette variable normale, tandis que le poids tenseur sera l'action extérieure correspondante.

Donnons, d'abord, à la température et au poids tenseur certaines variations infiniment petites; la longueur du fil éprouve un accroissement infiniment petit. Donnons ensuite à la température et au poids tenseur des variations égales en valeur absolue aux précédentes, mais opposées en signe, de telle sorte que ces deux grandeurs reviennent à leur valeur primitive; la longueur du fil diminue; mais cette diminution n'a pas même valeur absolue que l'accroissement précédemment subi, car le fil demeure affecté d'une déformation permanente. Ainsi, au cours d'une modification infiniment lente, une relation algébrique linéaire détermine la variation infiniment petite que subit la longueur du fil lorsqu'on se donne les variations infiniment petites imposées à la température et au poids tenseur; mais cette relation ne doit pas avoir même forme lorsque le fil se dilate et lorsqu'il se contracte; une certaine égalité doit être écrite lorsque la variable normale subit une variation positive, et une autre lorsqu'elle subit une variation négative.

Quel guide nous aidera à découvrir la forme de ces deux égalités? La théorie même, qui ne peut suffire à traiter des altérations permanentes, mais qui s'est montrée si féconde dans l'étude des systèmes à modifications réversibles. Nous chercherons à construire notre Mécanique nouvelle de telle sorte qu'elle se rapproche autant que possible de cette théorie-là, qu'elle en découle par une très légère transformation, qu'elle en soit une généralisation, que la Statique et la Dynamique des systèmes exempts d'altérations permanentes puissent être regardées comme des formes limites de la Statique et de la Dynamique des systèmes à altérations permanentes très faibles. Nous suivrons, en un mot, une méthode semblable à celle qui nous a donné la théorie des systèmes à frottement.

Lorsqu'un système exempt d'altération permanente subit une modification infiniment lente, c'est-à-dire une modification réversible, les conditions d'équilibre sont, à chaque instant, vérifiées; si l'état du système dépend d'une seule variable normale α, l'action extérieure A est égale, à chaque instant, à la dérivée par rapport à α, $\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}$, du potentiel interne $\mathfrak{F}$; c'est ce que nous enseignent[1] les égalités (1).

Entre les variations infiniment petites, coordonnées entre elles, de la température, de l'action extérieure et de la variable normale existe alors la relation :

$$dA = d\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}, \tag{6}$$

en vertu de laquelle les quantités toujours égales A et $\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha}$ éprouvent simultanément des accroissements égaux. Selon cette relation, si l'on change les signes des variations qu'éprouvent la température et l'action extérieure sans changer leur valeur absolue, on change le signe de la variation qu'éprouve la variable normale sans en changer non plus la valeur absolue; par là s'exprime la réversibilité de la modification infiniment lente.

Ces particularités ne sauraient se rencontrer en un système capable d'altérations permanentes; chacun des éléments dont la succession compose une modification infiniment lente ne peut plus être régi par l'égalité (6); à cette égalité, nous devons substituer deux relations distinctes, l'une valable seulement lorsque la variable normale augmente, l'autre valable seulement lorsque cette variable diminue.

Dans le premier cas, nous substituerons à l'égalité (6) la relation :

$$dA = d\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha} + h\,d\alpha; \tag{7}$$

dans le second, nous lui substituerons la relation :

$$dA = d\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial \alpha} - h\,d\alpha. \tag{7 bis}$$

La grandeur h, dont l'introduction dans ces

[1] Voir : *La Statique générale et la Dynamique générale*, I (*Revue générale des Sciences*, 14e année, p. 353, 1903).

équations distingue les systèmes capables d'altérations permanentes de ceux qui en sont exempts, dépend de l'état du système, et aussi de l'action extérieure A.

Il suffit, cela va de soi, de donner à cette grandeur h une valeur fort petite pour que les égalités (7) et (7 *bis*) diffèrent fort peu de l'égalité (6); les altérations permanentes du système sont alors fort peu sensibles et ses modifications infiniment lentes sont presque réversibles; ainsi les systèmes exempts d'altérations permanentes et capables de modifications réversibles se présentent bien à nous comme des formes limites de systèmes affectés de petites altérations permanentes.

Pour les systèmes exempts d'altérations permanentes, une règle très simple permet de tirer du Potentiel interne la connaissance de l'Énergie interne et, partant, de la quantité de chaleur mise en jeu dans une modification infiniment lente. Rien n'empêche d'étendre cette règle aux systèmes capables d'altérations permanentes. Jointe à ce qui précède, elle fournira les principes essentiels sur lesquels repose la Statique[1] de tels systèmes. Quelques hypothèses accessoires, toutes inspirées par le désir de rendre le nouveau rameau de la Thermodynamique aussi semblable que possible à la branche maîtresse, viendront compléter ces principes.

Quelles sont les applications de la nouvelle Statique?

Une première catégorie d'altérations permanentes est formée des déformations élastiques. La traction, la torsion, la flexion entraînent des déformations qui ne disparaissent pas avec la cause qui les a produites; ces déformations, connues et observées de toute antiquité, trouvent, dans les principes précédents, leur explication théorique.

L'aimantation rémanente que garde un morceau d'acier après que l'action magnétisante a pris fin doit être rangée au nombre des altérations permanentes les plus remarquables; malgré les recherches de G. Wiedemann, qui avait déjà mis en évidence d'étroites relations entre les déformations élastiques résiduelles et le magnétisme rémanent, les lois de ce dernier phénomène étaient demeurées singulièrement obscures; elles ont été éclaircies dans ces dernières années, surtout par les recherches de M. Ewing et de ses disciples; M. Ewing a donné le nom d'*hystérèsis magnétique* (ὑστέρησις, retard) à la propriété qu'a le fer de conserver du magnétisme rémanent. Les idées introduites par M. Ewing dans l'étude de l'hystérèsis magnétique se sont infiltrées peu à peu dans l'analyse des autres altérations permanentes et ont rendu cette analyse plus féconde; aussi le mot même d'hystérèsis est-il communément adopté aujourd'hui pour désigner l'aptitude d'un système quelconque aux altérations permanentes.

La polarisation des corps diélectriques offre de telles analogies avec l'aimantation des corps magnétiques que l'on doit, à côté de l'hystérèsis magnétique, placer l'hystérèsis diélectrique, bien que celle-ci soit, jusqu'ici, beaucoup plus mal connue que celle-là.

Essentielle dans l'étude de l'élasticité et dans la théorie du magnétisme, l'hystérèsis paraît appelée à jouer un rôle très important en Mécanique chimique. Les recherches des expérimentateurs multiplient de jour en jour le nombre des cas où l'on observe des altérations permanentes de l'état physique ou de la constitution chimique; parmi ces recherches, citons surtout les minutieuses déterminations de M. Gernez sur les diverses transformations du soufre, les patientes expériences de M. van Bemmelen sur l'absorption de la vapeur d'eau par la silice gélatineuse et par d'autres gelées.

C'est, sans doute, à des altérations permanentes de ce genre qu'il faut rapporter les effets de trempe, de recuit, d'écrouissage, qui compliquent si étrangement l'étude des métaux et de leurs combinaisons industrielles. Bien souvent, ces effets résultent à la fois de l'hystérèsis élastique et de l'hystérèsis chimique; seule, la considération simultanée de ces deux hystérèsis débrouille quelque peu les phénomènes, d'apparence inextricable, que présentent certains corps; tels les aciers au nickel, dont M. Ch.-Ed. Guillaume a analysé les étranges propriétés, ou l'alliage platine-argent, dont la résistance électrique manifeste, selon M. H. Chevallier, de si curieuses variations résiduelles.

Cette superposition de l'hystérèsis chimique à l'hystérèsis élastique rend singulièrement complexes les lois de la dilatation du verre; l'observation des déplacements que subit le point zéro des thermomètres n'avait guère révélé à Despretz d'abord, à M. Ch.-Edmond Guillaume ensuite, autre chose que cette extrême complexité; de nombreuses et patientes mesures, guidées par la Thermodynamique des modifications permanentes, ont enfin permis à M. L. Marchis de mettre quelque ordre dans ce chaos.

Nous ne saurions, cela va de soi, montrer ici comment la Statique dont nous venons d'ébaucher

[1] A l'exposé de cette Statique, nous avons consacré six Mémoires, réunis sous le titre : Les déformations permanentes et l'hystérèsis (*Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. LIV, 1895; t. LVI, 1898; t. LXII, 1902); huit mémoires publiés sous le titre : Die dauernden Aenderungen und die Thermodynamik (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, Bd. XXII, XXIII, 1897; XXVIII, XXXIII, 1899; XXXIV, 1900; XXXVII, 1901); un écrit intitulé : On the emission and absorption of water vapor by colloïdal matter (*Journal of physical Chemistry*, vol. IV, 1900), et divers autres écrits.

une première esquisse s'applique à des phénomènes aussi complexes et aussi variés; nous nous bornerons à indiquer plutôt qu'à analyser certaines idées essentielles qui se découvrent au cours de ce développement.

Dans un système affecté d'altérations permanentes, la grandeur h, que nous nommerons désormais le *coefficient d'hystérèsis*, n'est pas nulle, en général; les deux égalités (7) et (7 *bis*) sont donc distinctes l'une de l'autre; si nous supposons que le système éprouve, avec une lenteur infinie, une modification infiniment petite due à certaines variations de la température et de l'action extérieure, nous ne pourrons pas, en renversant ces variations, renverser la modification et ramener le système à l'état initial.

Mais, ce qui n'est pas vrai en général, peut le devenir dans certains cas particuliers; en associant d'une manière convenable les valeurs de la variable normale, de la température et de l'action extérieure, on peut annuler le coefficient d'hystérèsis; lorsque ces valeurs seront associées de la sorte, nous dirons que le système est placé dans un *état naturel*; en général, si l'on prend le système dans un état quelconque, défini par une certaine valeur de la variable normale et une certaine valeur de la température, on pourra le soumettre à une action extérieure telle que cet état devienne naturel.

Pour des modifications infiniment petites issues d'un état naturel, les deux égalités (7) et (7 *bis*) se confondent entre elles et avec l'équation (6); en d'autres termes, toute modification infiniment petite et infiniment lente issue d'un état naturel est une modification réversible; si, à la température et à l'action extérieure, on impose de petites variations, suivies de variations égales et de sens contraire, on ramène le système exactement à son premier état; il ne garde aucune altération permanente.

Il en est tout autrement lorsque l'état initial n'est pas un état naturel.

Imprimons aux valeurs de la température et de l'action extérieure une petite oscillation, qui les écarte quelque peu de ce qu'elles étaient d'abord, puis les y ramène; le système conserve une altération permanente que marque un changement de valeur de la variable normale. Cette altération résiduelle, il est vrai, est fort petite; mais, si la température et l'action extérieure éprouvent, en leurs valeurs, une nouvelle oscillation, un nouveau résidu viendra s'ajouter au premier. Ainsi, en imprimant à la température et à l'action extérieure de très petits et très nombreux écarts, tantôt dans un sens et tantôt dans un autre, suivis de retours à des valeurs qui demeurent toujours les mêmes, nous verrons le système éprouver un changement graduel et notable, dû à l'accumulation d'altérations résiduelles très petites, mais très nombreuses.

On voit de suite la portée de cette remarque.

Il n'est pas, au monde, de température invariable, d'action invariable; les procédés de réglage les plus parfaits resserrent les limites entre lesquelles oscillent les valeurs de ces éléments; ils n'en suppriment pas les variations. Ces variations incessantes, inévitables, mais imperceptibles, des actions extérieures et de la température engendrent, à la longue, une altération notable de l'état du système; cet état semble donc changer spontanément alors que les conditions dans lesquelles le système se trouve placé paraissent invariables.

Au lieu de réduire à l'extrême, par des artifices de réglage, les perturbations incessantes que subissent les actions extérieures, on peut les exagérer par un déréglage systématique; alors aussi se trouvent exagérées les altérations, en apparence spontanées, que subit le corps en expérience. Ainsi s'explique l'influence, si souvent constatée, des secousses imprimées à un fil tendu ou tordu; des ébranlements, des vibrations, des courants alternatifs appliqués à un aimant; des variations diurnes de la température modifiant le verre d'un thermomètre. Les recherches expérimentales de M. Ewing, de M. Tomlinson, de M. van Bemmelen, de M. L. Marchis, de M. Lenoble, de M. H. Chevallier abondent en remarques intéressantes sur ce rôle des *secousses*.

Les modifications d'apparence spontanée qu'un système éprouve lorsque la température et l'action extérieure demeurent *pratiquement* invariables permettent de caractériser ce système et de le ranger dans l'une ou dans l'autre des deux catégories que nous allons definir.

En une première catégorie, le changement engendré par l'accumulation d'altérations résiduelles très nombreuses et très petites rapproche sans cesse l'état du système de l'état naturel qui convient aux valeurs presque invariables de la température et de l'action extérieure; lorsque le système est parvenu à cet état naturel, les changements incessants et très petits des conditions dans lesquelles il se trouve placé ne lui font plus subir aucune modification appréciable. Pour un tel système, l'état naturel simule à s'y méprendre l'état d'équilibre stable d'un système dénué d'hystérèsis; il en possède presque toutes les propriétés. Les recherches expérimentales de M. Ewing mettent en évidence, avec une grande netteté, ce caractère présenté par l'état naturel d'un aimant.

Sous l'influence de petites perturbations que subissent la température et l'action extérieure, les systèmes de la seconde catégorie fuient l'état naturel que caractérisent les valeurs de cette tempé-

rature et de cette action. La considération des circonstances dans lesquelles un fil tendu par un poids cesse d'appartenir à la première catégorie pour passer à la seconde, éclaire les phénomènes, tels que l'*allongement avec striction*, qui précèdent la rupture.

Ce rapide aperçu laisse entrevoir l'étendue et la variété des questions auxquelles s'applique la Statique des systèmes affectés d'hystérèsis; il est clair, cependant, que cette Statique ne saurait épuiser l'étude de pareils systèmes; elle enseigne les propriétés dont jouissent les modifications infiniment lentes; mais une modification infiniment lente n'est que la limite d'une modification réelle; toute modification réelle se poursuit avec une vitesse finie et son étude exige la constitution d'une Dynamique.

Pour les systèmes dénués d'hystérèsis, le passage de la Statique à la Dynamique fut assuré, tout d'abord, par le Principe de d'Alembert; à l'action extérieure il suffisait, selon ce principe, de substituer la somme de l'action extérieure et de l'action d'inertie. L'extension de ce principe aux systèmes affectés d'hystérèsis devait se présenter à l'esprit comme l'hypothèse la plus simple et la plus naturelle; en fait, les formules tirées de cette hypothèse permettent d'analyser quelques phénomènes constatés par les expérimentateurs.

Cependant, il ne fallut pas de longues recherches pour constater l'insuffisance de cette Dynamique fondée sur l'extension du Principe de d'Alembert; visiblement, elle ne rendait pas compte des particularités que présentent les systèmes affectés d'hystérèsis lorsqu'ils se modifient rapidement; les observations de M. Bouasse et de M. Lenoble sur les déformations des fils par la torsion ou par la traction, les recherches de M. Max Wien et d'autres observateurs sur l'aimantation du fer dans un champ alternatif, ont mis en évidence des particularités qui échappent aux prises de cette Dynamique.

On ne saurait, certes, s'en étonner. La Dynamique fondée sur le Principe de d'Alembert est constamment en défaut dans l'étude même des systèmes dénués d'hystérèsis; pour la rendre acceptable, il a fallu la compliquer, ajouter à l'action extérieure non seulement l'action d'inertie, mais encore une action de viscosité. N'est-il pas bien naturel que l'analyse des systèmes affectés d'hystérèsis fasse éclater aux yeux la même insuffisance du Principe de d'Alembert, la même nécessité de faire appel à une hypothèse plus compliquée? N'est-il pas bien naturel aussi de calquer cette hypothèse sur celle qui s'est montrée féconde dans l'examen théorique des systèmes sans altération permanente, de passer encore de la Statique à la Dynamique en substituant à l'action extérieure la somme de cette action, de la force d'inertie et d'une action de viscosité?

Par cette supposition, la Dynamique des systèmes affectés d'hystérèsis se trouve créée [1]; concordante avec les observations, trop peu nombreuses jusqu'ici, auxquelles ont donné lieu les déformations permanentes des systèmes en mouvement, elle attend de l'expérience de nouveaux stimulants à son développement et de nouvelles occasions de se soumettre au contrôle des faits.

III. — L'Électrodynamique et l'Électromagnétisme.

A côté du tronc principal de la Thermodynamique, à côté de la Mécanique des systèmes sans frottement ni hystérèsis, nous avons vu s'élever deux autres tiges, jeunes encore et dont le développement est fort loin d'être achevé : la Mécanique des systèmes à frottement et la Mécanique des systèmes à hystérèsis. Ces deux tiges ne se distinguent pas, tout d'abord, du tronc principal; jusqu'à une certaine hauteur, elles demeurent soudées à lui, confondues avec lui; elles s'en détachent seulement au moment où la Mécanique des systèmes dénués de frottement et d'hystérèsis invoque la notion de modification réversible. Tout ce qui précède l'emploi de cette notion, tout ce qui fait appel au seul Principe de la Conservation de l'Énergie est commun aux trois Mécaniques.

Issue des mêmes racines, une quatrième tige se dresse, née depuis longtemps et déjà robuste : elle traite de la Mécanique des courants électriques; mais, avec les trois premières tiges, ce surgeon n'a de commun que la souche; il ne se soude pas à elles; de ce qui a été dit jusqu'ici touchant la Conservation de l'Énergie, presque rien ne s'applique d'emblée à l'Électrodynamique et à l'Électromagnétisme.

Nous avons constamment admis, dans ce qui précède, que les propriétés d'un système à un instant donné étaient entièrement caractérisées par deux sortes d'éléments; en premier lieu, les valeurs d'un certain nombre de variables qui définissent l'*état* de ce système; en second lieu, les vitesses des divers points matériels dans le *mouvement local* qui anime le système. L'Énergie totale du système dépend de ces deux sortes d'éléments; les premiers seuls figurent dans l'expression de l'Énergie interne; au moyen des seconds, on forme la force vive ou Énergie cinétique. Si la position de quelque partie du système dépend de la valeur de quelqu'une des variables indépendantes, l'énergie totale du système

[1] P. Duhem : *Les déformations permanentes et l'hystérèsis*. VII, *Hystérèsis et viscosité* (*Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. LXII, 1902).

dépend non seulement de cette variable, mais encore de sa dérivée par rapport au temps ou, selon la dénomination que nous avons adoptée, de la *vitesse généralisée* correspondante ; cette dernière apparaît dans l'expression de la force vive. Au contraire, si la valeur d'une certaine variable indépendante n'influe pas sur la position des diverses parties du système, la vitesse généralisée qui correspond à cette *variable sans inertie* n'intervient que dans la formule qui détermine l'énergie interne du système.

Ces principes sont à la racine même des diverses branches de Mécanique dont nous avons, jusqu'ici, suivi le développement; ils deviennent faux pour les systèmes que parcourent des courants électriques.

Les propriétés que possèdent, à un instant donné, des corps parcourus par des courants électriques ne dépendent pas seulement — on le sait depuis Ampère — de la manière dont l'électricité y est distribuée à cet instant; pour fixer ces propriétés, il ne suffit pas de dire quelle est la densité électrique en chaque point d'une masse conductrice ou d'une surface limitant une telle masse; il faut dire encore quelles sont, en chaque point du conducteur, les composantes du *flux électrique* : or, donner ces composantes, c'est donner la dérivée par rapport au temps de toute densité électrique, la vitesse généralisée qui correspond à une semblable densité. Ainsi, bien que la densité électrique soit une variable sans inertie, la vitesse généralisée qui lui correspond influe sur les propriétés actuelles du système ; celles-ci ne dépendent pas seulement de l'*état* du système, pas seulement de son *mouvement local;* elles dépendent, en outre, du *mouvement électrique* dont il est le siège; on doit prévoir, dès maintenant, qu'un changement de mouvement électrique correspondra à une certaine œuvre, que l'énergie du système dépendra de ce mouvement, qu'outre l'énergie interne et l'énergie cinétique, elle comprendra une *énergie électrocinétique*.

Plus nettement encore se manifestent ces idées dans l'étude des diélectriques polarisés; les propriétés d'un tel diélectrique, à un instant donné, ne sont pas entièrement fixées lorsqu'on connaît, à cet instant, la grandeur et la direction de l'*intensité de polarisation* en chaque point du milieu. Depuis Maxwell et, surtout, depuis Hertz, personne ne doute qu'il n'y faille joindre la grandeur et la direction du *flux de déplacement* ; or, les composantes de ce flux sont simplement les vitesses généralisées qui correspondent aux composantes de la polarisation. Ici encore, les propriétés du système ne sont entièrement déterminées que si l'on connaît les vitesses généralisées correspondant à certaines variables sans inertie ; on doit s'attendre à l'introduction de ces vitesses généralisées dans la formule qui exprime l'énergie totale du système.

C'est donc d'une Mécanique nouvelle, distincte de celle que nous avons exposée jusqu'ici, que relèvera l'étude des systèmes parcourus par des courants électriques ; si nous méconnaissions ce point, si nous essayions de construire une Électrodynamique qui découle des principes précédemment adoptés, les désaccords les plus flagrants éclateraient entre la théorie et l'expérience.

Si nous formions l'énergie d'un système électrisé en y introduisant seulement les valeurs prises à chaque instant par la densité électrique et la polarisation, sans tenir compte des vitesses généralisées relatives à ces variables sans inertie, c'est-à-dire des flux de conduction et de déplacement, nous pourrions, par les principes que nous avons posés, construire une Statique électrique qui s'accorderait pleinement avec les faits; pour passer de cette Statique à la Dynamique électrique, il nous suffirait de connaître les lois auxquelles obéissent les actions de viscosité en un système électrisé ; des hypothèses très simples, admises depuis Ohm, nous fourniraient ces lois.

Les équations du mouvement de l'électricité, que nous serions alors conduits à écrire, ne seraient pas sans utilité ; elles concorderaient avec celles que Kirchhoff a données pour les conducteurs métalliques à température uniforme, que W. Thomson a formées pour les chaînes thermoélectriques, que Gibbs et que Helmholtz ont appliquées aux électrolytes. Mais, exactes toutes les fois que le mouvement électrique se réduirait à un régime permanent en des conducteurs immobiles, ces équations tomberaient en défaut dès que les courants varieraient ou que les conducteurs se mettraient en mouvement; alors se produiraient des effets d'*induction électrodynamique* qu'elles ne sauraient prévoir.

Nous pourrions également tirer des principes qui nous sont familiers les forces qui tendent à déplacer ou à déformer les diverses parties du système ; les forces ainsi calculées ne coïncideraient pas avec les forces réelles ; parmi elles, nous ne verrions pas figurer les forces électrodynamiques dont Ampère a déterminé les lois.

Le calcul de la chaleur dégagée dans une modification, fondé sur les règles de la Thermodynamique générale, prêterait aux mêmes remarques que les actions électromotrices. Tant que des courants permanents parcourent des conducteurs immobiles, ce calcul fournirait des résultats exacts ; ces résultats seraient ceux que Joule et Peltier ont observés en étudiant les conducteurs de température uniforme, que W. Thomson a découverts en traitant des corps inégalement échauffés, que Helmholtz a obtenus en développant la théorie de l'électrolyse. Mais toute variation des courants, tout

mouvement des conducteurs donnerait lieu à des phénomènes thermiques non prévus par ce calcul.

Forces électrodynamiques, actions électromotrices d'induction, dégagement de chaleur au sein des systèmes mobiles traversés par des courants variables, tels sont les effets qu'une nouvelle branche de la Mécanique doit analyser.

Un ensemble d'hypothèses simples, précisées par quelques appels à l'expérience, fournit l'expression du terme électrocinétique qui doit figurer dans l'Énergie totale[1]. L'Énergie électrocinétique une fois connue, il suffit de postuler que l'Entropie du système ne contient aucun terme électrocinétique, de même qu'elle ne contient aucun terme cinétique ; d'admettre que les actions de viscosité sont, en toutes circonstances, déterminées par les formules de Ohm, pour se trouver en pleine possession des principes de l'Électrodynamique. De ces principes, toutes les formules qui constituent cette science, toutes les lois qui régissent les forces électromotrices d'induction, les actions électrodynamiques, le dégagement de chaleur dans les corps que traversent les courants, se tirent par des procédés réguliers.

Les diverses formules dont l'ensemble compose cette Électrodynamique dépendent toutes de la considération d'une certaine grandeur, qui peut être calculée lorsqu'on connaît la forme des divers corps du système et la distribution des courants de conduction ou de déplacement dont ils sont le siège. Cette grandeur, introduite en Physique par F. E. Neumann, retrouvée sous une autre forme par W. Weber, généralisée par Helmholtz, est le *Potentiel électrodynamique*. En une modification réelle ou virtuelle où chaque conducteur se déplace en entraînant les flux électriques qui les traversent, le travail des forces électrodynamiques est précisément égal à la diminution de ce Potentiel.

Or, l'Énergie électrocinétique est précisément égale à ce Potentiel *changé de signe* ; cette proposition est assurément digne de remarque, car elle fait jouer au Potentiel électrodynamique un rôle bien distinct de celui que joue le Potentiel des forces électrostatiques; ce dernier figure *avec son signe* dans l'expression de l'Énergie totale du système ; ainsi se marque nettement, dès l'emploi du Principe de la conservation de l'Énergie, une distinction profonde entre la Mécanique des actions électrodynamiques et la Mécanique générale.

[1] L'ordre d'exposition de l'Électrodynamique qui est indiqué ici diffère un peu de celui que nous avons suivi au tome III de nos *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme* (Paris, 1892); celui-là nous a paru plus naturel et plus rigoureux que celui-ci ; cet ordre nouveau sera prochainement détaillé dans un écrit spécial; on y donnera les déductions mathématiques qui ne peuvent trouver place ici.

Cette distinction essentielle ne va pas, d'ailleurs, jusqu'à exclure certains rapprochements, celui-ci, entre autres, qui est dû à Maxwell : Dans un système parcouru par des courants linéaires et uniformes, on peut, de l'Énergie cinétique, tirer les forces électrodynamiques et les forces électromotrices d'induction par des formules toutes semblables à celles qui, depuis Lagrange, servent à calculer les forces d'inertie lorsqu'on connaît l'expression de la force vive. Ce rapprochement rend plus frappante l'analogie, déjà saisissable par ce qui précède, entre l'Énergie cinétique et l'Énergie électrocinétique ; il ne faudrait pas, cependant, en exagérer la portée ; sa généralité connaît des bornes, car il ne s'étend pas aux systèmes traversés par des courants non uniformes. Maxwell y voyait une preuve que le courant électrique est réductible au mouvement local[1] ; pour nous, il traduit surtout ce fait que l'Énergie électrocinétique est homogène et du second degré par rapport aux intensités des courants, comme la force vive est homogène et du second degré par rapport aux vitesses généralisées.

La présence d'aimants dans un système parcouru par des courants donne lieu à l'apparition d'effets électromagnétiques. On pourrait être tenté de relier l'Électromagnétisme à l'Électrodynamique en prenant comme hypothèse fondamentale l'analogie entre les aimants et les courants qu'Ampère a découverte ; chaque élément magnétique serait, en toutes circonstances, exactement équivalent à un petit courant fermé convenablement choisi. Cette méthode a été suivie par Maxwell ; elle fournit des expressions exactes pour les forces qui s'exercent entre les courants et les aimants et pour les forces électromotrices d'induction électromagnétique ; mais elle ne suffit pas toujours à déterminer les lois de l'aimantation du fer doux pour les courants, et les enseignements qu'elle fournit touchant les échanges de chaleur qui accompagnent cette aimantation sont contraires aux faits. Certainement, l'expression de l'Énergie du système n'est pas celle que donne une telle méthode.

La Mécanique électromagnétique peut être construite sur le même plan que la Mécanique électrodynamique et assise sur les mêmes fondements. L'Énergie totale du système s'obtiendra en prenant l'Énergie totale du système, supposé sans courant, et en y ajoutant simplement l'Énergie électrocinétique, dont l'expression nous est désormais connue. L'Entropie sera encore la même que si le système ne livrait passage à aucun courant, et les actions de viscosité seront toujours conformes aux formules

[1] Voir : *Les Théories mécaniques de la Chaleur et de l'Électricité*, III (*Revue générale des Sciences*, 14e année, p. 182, 15 février 1903).

de Ohm. De là, se déduiront les lois de l'induction électromagnétique, des forces qui s'exercent entre les courants et les aimants, de l'aimantation par les courants, enfin de la quantité de chaleur mise en jeu en un effet électromagnétique quelconque; et toutes ces lois s'accorderont pleinement avec les résultats de l'expérience.

Les formules ainsi obtenues dépendent toutes d'un *Potentiel électromagnétique* ; un déplacement réel ou virtuel, où les aimants entraînent leur aimantation, où les flux électriques demeurent invariablement liés aux conducteurs, donne lieu à un travail de forces qui s'exercent entre les courants et les aimants; ce travail est la diminution du Potentiel électromagnétique. Mais, fait bien digne de remarque, ce Potentiel électromagnétique ne figure aucunement dans l'expression de l'Énergie totale, puisque, par hypothèse, celle-ci ne renferme aucun terme électromagnétique. A cette proposition quelque peu surprenante, Helmholtz avait déjà été conduit par une voie bien différente; il l'avait tirée de la comparaison des systèmes électrodynamiques à des mécanismes monocycliques[1]; bientôt, elle fut mise en une plus vive lumière par Vaschy[2] et par nous-même[3]; elle est une de celles qui marquent le mieux le caractère singulier de la Mécanique électrodynamique et électromagnétique.

A partir des principes dont nous avons donné une sommaire description, cette Mécanique se développe avec autant de logique que d'ampleur; Helmholtz, en d'impérissables mémoires[4], en a déroulé le merveilleux enchaînement, laissant à peine à ses successeurs le soin de vérifier quelques maillons; en cette admirable théorie, des déductions impeccables relient aux hypothèses premières tout ce qu'ont découvert de fécond les inductions audacieuses de Maxwell; à l'extrémité des rameaux poussés par cette nouvelle branche de la Mécanique, s'épanouit la fleur la plus brillante qu'ait produite le génie du physicien écossais, la *Théorie électromagnétique de la lumière*[5].

Et, cependant, nous sommes témoins d'un étrange phénomène, qui stupéfiera dans l'avenir les historiens de la Science. Cette méthode si rigoureusement logique, qui allie, sans laisser perdre la moindre parcelle de vérité, les plus audacieuses prévisions de l'Électrodynamique moderne aux conquêtes les plus solides de Coulomb et de Poisson, n'a pas la faveur des physiciens. Plusieurs, parmi ceux-ci, semblent animés d'une sorte de haine à l'encontre des anciennes théories électriques dont la fécondité s'est manifestée, dans le domaine de la pensée comme dans le domaine de l'action, par des découvertes sans précédents. Fils ingrats, qui frappent le sein dont ils ont sucé le lait, ils brisent avec joie la tradition scientifique ; au risque de ruiner les plus sûres assises de nos connaissances touchant l'électricité et le magnétisme, ils ne veulent se réclamer que de Maxwell ; ils préfèrent ses inexplicables inconséquences[1] aux chefs-d'œuvre logiques d'un Gauss ou d'un Ampère; ils pensent que l'exactitude d'une équation n'a plus besoin d'être démontrée lorsque cette équation se trouve dans ses écrits : *Ipse dixit*.

Si la Mécanique nouvelle ne s'opposait pas de toutes ses forces à une semblable tendance, elle cesserait de mériter le titre que portait, fièrement et légitimement, l'Ancienne Mécanique ; elle ne serait plus la *Mécanique rationnelle*.

CONCLUSION.

Quatre parties de la Mécanique, distinctes les unes des autres, ont successivement attiré notre attention ; les systèmes capables de modifications réversibles, les systèmes à frottement, les systèmes à hystérésis, enfin les systèmes parcourus par des courants ont pu être étudiés théoriquement, à la condition d'invoquer des hypothèses propres à chacune des quatre catégories, d'adopter des formules dont le type variait de l'une à l'autre.

Le domaine entier de la Mécanique se réduit-il à l'étude des quatre catégories de systèmes que nous venons d'énumérer? Auprès des quatre troncs dont nous avons suivi la croissance et l'épanouissement, ne verrons-nous pas, quelque jour, se dresser un nouveau surgeon? Il serait téméraire de répondre à cette question. Tout ce qu'il est permis d'affirmer, c'est qu'aucune raison logique ne permet de regarder les Mécaniques déjà ébauchées comme étant les seules Mécaniques possibles. En particulier, l'étude des diverses radiations qui, depuis quelques années, prodigue aux expérimentateurs les occasions de découvertes, leur a révélé des effets si étranges, si difficiles à soumettre aux lois de notre Thermodynamique, que l'on verrait

[1] Helmholtz : Ueber die physikalische Bedeutung des Princips der kleinsten Wirkung (*Borchardt's Journal*, Bd. - S. 155, 1886. — *Abhandlungen*, Bd. III, S. 224).

[2] Vaschy : *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, t. I, p. 318; Paris, 1890.

[3] P. Duhem : *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. III, p. 386 ; Paris, 1892.

[4] Helmholtz : Ueber die Bewegungsgleichungen der Elektricität für ruhende leitende Körper (*Borchardt's Journal*, Bd. LXXII, S. 57. — *Abhandlungen*, Bd. I, p. 545). — Die elektrodynamischen Kräften bewegten Leitern (*Borchardt's Journal*, Bd. LXXVIII, S. 273 ; 1874. — *Abh.*, Bd. I, p. 702).

[5] P. Duhem : Sur la théorie électrodynamique de Helmholtz et la théorie électromagnétique de la lumière (*Arch. néerl. des Sc. exactes et nat.*, série II, t. V, p. 227; 1901).

[1] P. Duhem : *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*; Paris, 1902. — Notes sur quelques points des théories électriques et magnétiques (*Mémoires de la Société des Sciences phyiques et naturelles de Bordeaux*, 6e série, t. II, 1902).

sans surprise une nouvelle branche de Mécanique surgir de cette étude.

Quel que soit le nombre des doctrines, distinctes les unes des autres, en lesquelles se subdivise la Mécanique nouvelle, cette multiplicité de disciplines n'est-elle pas une tare, une marque d'infériorité à l'égard de l'Ancienne Mécanique, si parfaitement une? Pour professer une telle opinion, il faudrait méconnaître les relations véritables qui unissent entre elles les diverses branches de la Thermodynamique.

Lorsque le physicien se propose de construire un système mathématique capable de figurer, avec quelque approximation, un fragment, si petit soit-il, du monde réel, il a tôt fait de reconnaître qu'il se produit partout des frottements, des altérations permanentes, des courants électriques ; il ne peut donc formuler la théorie mathématique d'un ensemble quelconque de corps sans tenir compte à la fois de toutes ces catégories de phénomènes.

Mais la complication d'une semblable théorie ne peut être qu'extrême ; vouloir la construire d'emblée surpasserait les forces de l'esprit humain ; le physicien doit donc, pour aborder avec quelque chance de succès la solution du problème qui lui est posé, simplifier d'abord l'énoncé de ce problème. Il commence par faire abstraction des frottements, des altérations permanentes, des courants électriques, et par étudier ce qui reste après tous ces retranchements. Il sait qu'il trace une représentation trop sommaire de la réalité, qu'il devra retoucher et compléter les résultats de cette première analyse ; mais il comprend aussi que cette analyse trop simplifiée est nécessaire pour qu'il puisse ensuite s'essayer à une théorie plus détaillée.

Lorsqu'il a construit cette première théorie, qui sera comme le support de ses constructions ultérieures, il reprend l'une après l'autre chacune des complications qu'il a tout d'abord négligées ; il cherche quelle modification sa représentation première doit recevoir si l'on veut qu'elle donne l'image soit des seuls effets du frottement, soit des altérations permanentes, soit des phénomènes produits par les courants. Enfin, après ces essais partiels et successifs, il est en état de reprendre les diverses parties de son œuvre, de les agencer, de les souder, d'en faire une doctrine unique dont tous les chapitres s'enchaînent logiquement.

Sur une de ces sanguines dont s'enorgueillit le Musée du Louvre, suivez le travail d'approximations successives par lequel Raphaël crée l'un des personnages qu'il peindra sur la toile ; il en trace, tout d'abord, une esquisse d'ensemble, très simplifiée ; puis il fouille successivement le détail de chacune des parties du corps, serrant ici le dessin d'une tête, là d'un bras ou d'un pied ; enfin, ce qu'il a obtenu par l'étude de ces divers morceaux, il le reprend et le fond dans une composition d'ensemble, dont l'unité fera l'admiration des siècles.

Ainsi s'est faite la Mécanique nouvelle ; une, mais complexe, elle n'a pu naître d'un seul jet ; un seul effort n'eût pas suffi à la créer, à la fois harmonieuse dans l'ensemble et minutieuse dans les détails ; en distinguant les ébauches diverses qui ont, l'une après l'autre, préparé les diverses parties de l'œuvre définitive, nous analysons la composition de cette œuvre ; nous n'en brisons pas l'unité.

Ce n'est donc pas par défaut d'unité que la Mécanique nouvelle diffère de la Mécanique ancienne ; elle en diffère par la complexité de ses principes.

L'Ancienne Mécanique avait poussé jusqu'à l'extrême la simplification des hypothèses fondamentales ; ces hypothèses, elle les avait condensées en une supposition unique : Tout système est réductible à un ensemble de points matériels et de corps solides qui se meuvent conformément aux équations de Lagrange. Et même, avec Hertz, elle avait poussé plus loin encore et, de ses équations, biffé les forces réelles.

La Mécanique nouvelle ne se pique pas de simplifier à ce point ses principes ; lorsqu'elle le juge nécessaire, elle n'hésite pas à accroître la complication de ses hypothèses fondamentales ; elle admet, dans ses équations, des termes de diverses natures et de diverses formes, termes de viscosité, de frottement, d'hystérèsis, énergie électrocinétique, — alors que l'Ancienne Mécanique exclut de ses formules de tels symboles, contradictoires avec son principe unique.

Or, la réalité est complexe, infiniment ; chaque perfectionnement nouveau des méthodes expérimentales, en scrutant plus profondément les faits, y découvre de nouvelles complications ; l'esprit humain, dans sa faiblesse, a beau s'efforcer vers une représentation simple du monde extérieur ; il lui suffit de placer l'image en face de l'objet et de les comparer avec bonne foi pour constater que cette simplicité, si ardemment souhaitée, est une insaisissable chimère, une irréalisable utopie. Bon gré, mal gré, les enseignements de l'expérience l'obligent à reprendre en son système la complexité qu'il en avait voulu bannir. Si, en dépit de tout, il veut sauvegarder la simplicité extrême des principes fondamentaux, des lois premières du mouvement, il lui faudra compliquer à l'excès, au moyen de mouvements cachés et de masses inaperçues, la configuration géométrique des systèmes auxquels il prétend appliquer ces lois. A quel degré désespérant cette complication a dû être portée, afin de ne point renoncer à la séduisante simplicité que promettaient les explications mécaniques, nous le savons de reste.

La Mécanique fondée sur la Thermodynamique n'a point imposé à ses hypothèses essentielles la simplicité exagérée qu'exigeait l'Ancienne Mécanique ; elle a toléré qu'elles fussent plus nombreuses et plus variées, qu'elles s'exprimassent par des formules plus complexes. Cette plus grande largeur laissée au choix des principes s'est montrée heureuse et féconde. Pour obtenir un accord satisfaisant entre la réalité sensible et le schéma mathématique qui lui doit être substitué, il n'a plus été nécessaire de compliquer outre mesure ce dernier ; si les débuts de la Mécanique sont un peu moins simples que par le passé, le développement des théories physiques se poursuit avec une aisance inconnue jusqu'alors.

Cette aptitude à se mouler sur les faits et à en épouser les moindres caractères, la Physique nouvelle l'a donc acquise en se débarrassant de certaines exigences qui guindaient l'Ancienne Mécanique. Parmi ces exigences, la première et la plus essentielle est celle qui prétendait réduire toutes les propriétés des corps aux grandeurs, figures et mouvements locaux; cette exigence, la Physique nouvelle la repousse résolument; elle admet, dans ses raisonnements, la considération des qualités; elle rend à la notion de mouvement toute la généralité que lui attribuait Aristote. Là est le secret de sa merveilleuse souplesse. Par là, en effet, elle se débarrasse de la considération de ces mécanismes hypothétiques qui répugnaient à la philosophie naturelle de Newton, de la recherche des masses et des mouvements cachés dont le seul objet est d'expliquer géométriquement les qualités ; délivrée de ce labeur, que Pascal proclamait incertain, pénible et inutile, elle peut, en toute liberté, consacrer ses efforts à des œuvres plus fécondes. De même, l'Alchimie est demeurée une étude stérile tant qu'elle s'est acharnée avec obstination à résoudre tous les corps en sel, soufre, vif-argent et terre damnée; du jour où la Chimie s'est résignée à regarder comme simples les substances qu'elle ne parvenait pas à décomposer, elle est devenue une science d'une admirable fécondité.

La création de cette Mécanique fondée sur la Thermodynamique est donc une réaction contre les idées atomistiques et cartésiennes, un retour — bien imprévu de ceux-là mêmes qui y ont le plus contribué — aux principes les plus profonds des doctrines péripatéticiennes.

Ainsi, par une contre-révolution opposée à la révolution cartésienne, la Mécanique nouvelle reprend les traditions de la Physique de l'École, si longtemps et si violemment décriée; mais cette contre-révolution n'abandonne rien des conquêtes cartésiennes. Le Cartésianisme avait voulu bannir les qualités de la Physique, afin qu'on pût discourir de la Physique en langage mathématique; la Mécanique nouvelle raisonne des qualités, mais, pour en raisonner avec précision, elle les figure par des symboles numériques; fille d'Aristote, en ce qu'elle est une théorie des qualités, elle est aussi fille de Descartes, en ce qu'elle est une Mathématique universelle; en elle viennent enfin converger les deux tendances qui ont, si longtemps, sollicité la Science de la Nature en des sens opposés.

Ce trait, d'ailleurs, est, en quelque sorte, la caractéristique des transformations scientifiques dont nous venons de retracer les phases. Les systèmes mécaniques se sont succédés, nombreux et variés; mais aucun d'eux n'a disparu sans laisser un riche héritage d'idées nouvelles à celui qui l'a supplanté. Chaque travailleur avait conçu le plan d'un édifice et taillé des matériaux pour réaliser ce plan ; l'édifice s'est écroulé, mais les matériaux qui avaient servi à le bâtir figurent en bonne place dans le nouveau monument. Au travers des vicissitudes qui renversent les unes sur les autres les théories éphémères, une Idée directrice semble veiller à ce qu'aucun effort sincère vers la vérité ne demeure vain et stérile. Le créateur conscient d'une doctrine mécanique est aussi le précurseur inconscient des doctrines qui remplaceront celle-là. Ne citons qu'un exemple : Lagrange ne pense étudier que des systèmes où tout est figure et mouvement local; il prétend seulement laisser la plus grande indétermination possible aux grandeurs variables qui représenteront cette figure e. ce mouvement; et voici qu'à son insu, il a ciselé le moule où se coulera la Physique de la qualité, qu'il a écrit les formules d'où dépendront non seulement le mouvement local, mais encore les mouvements d'altération, de génération et de corruption; tout ce qu'il y a d'essentiel dans la Statique de Lagrange se retrouve, cent ans plus tard, dans la Mécanique chimique de Gibbs.

Le développement de la Mécanique est donc proprement une *évolution* ; chacun des stades de cette évolution est le corollaire naturel des stades qui l'ont précédé; il est gros des stades qui le suivront. La méditation de cette loi doit être le réconfort du théoricien. Il serait bien présomptueux de s'imaginer que le système à l'achèvement duquel il travaille échappera au sort commun des systèmes qui l'ont précédé et méritera de durer plus qu'eux; mais, sans vaine jactance, il a le droit de croire que ses efforts ne seront pas stériles; à travers les siècles, les idées qu'il a semées et fait germer continueront à croître et à porter leurs fruits.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique
à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

LA PRATIQUE DE LA PASTEURISATION DES VINS ET LA LUTTE ANTI-ALCOOLIQUE

Les viticulteurs se plaignent souvent que les médecins prohibent de plus en plus l'usage du vin. Qu'il nous soit permis de faire remarquer que les médecins ne doivent pas porter seuls le poids de la situation actuelle et que les producteurs et les négociants ont bien leur part de responsabilité dans cet état de choses.

Le vin peut être préjudiciable à la santé de l'homme par suite de son adultération par des substances prohibées, ou par suite de maladies qui amènent dans ce liquide des produits nocifs. Depuis le dégrèvement des boissons hygiéniques (vin, bière, cidre), la consommation du vin a beaucoup augmenté à Paris. Le vin tend à remplacer le petit verre de boissons alcooliques que l'on prenait si volontiers autrefois. C'est donc un moyen de lutter contre l'alcoolisme. Voilà un mouvement qu'il faut encourager. Pour le voir s'accentuer, il faut livrer à la consommation des vins qui ne soient pas nuisibles. Le vin est si bon marché, à l'heure actuelle, qu'on ne fabrique plus cette boisson de toutes pièces, comme on le faisait il y a quelques années; mais certains négociants achètent de préférence des vins malades, parce qu'ils sont moins chers, et ce sont souvent ces vins qu'on fait boire au public. Si l'on n'y prend garde, ces vins malades seront encore prohibés par le corps médical, lorsqu'on s'apercevra des effets qu'ils produisent sur l'organisme, et la campagne contre le vin reprendra toute sa vigueur. Aussi, aujourd'hui plus que jamais, est-il nécessaire d'avoir une méthode pour conserver le vin dans son état naturel, en l'empêchant de s'altérer.

La vinification est certainement, de toutes les industries qui dépendent de la science des microbes, celle qui, jusqu'à ce jour, a le moins profité des travaux de Pasteur. Voici plus de trente années que l'illustre savant publiait les résultats de ses observations sur les vins, et l'on en est encore, comme autrefois, à mettre le produit de la vendange dans une cuve et à attendre que la conversion du sucre en alcool se fasse d'elle-même. Seulement, autrefois, on opérait sur de petites quantités, tandis que, maintenant, on augmente de plus en plus la dimension des cuves à vendange, ce qui complique la marche du phénomène. On suit timidement ce qui se passe dans la cuve; on réchauffe ou l'on refroidit le moût pour faciliter la fermentation; on ajoute un peu, à l'aveuglette, des levures destinées à favoriser le départ du phénomène, et là se bornent les améliorations apportées dans la pratique courante, car la stérilisation des moûts et leur ensemencement par des levures sélectionnées ne sont pas encore entrés dans la pratique. Ce sont encore des expériences isolées, qui, comme celles de M. Rosenstiehl, donnent bon espoir et arriveront à faire de la vinification une industrie aussi scientifique que celle de la brasserie. Ce qui rend les progrès si lents, c'est que les expériences ne peuvent se faire qu'une fois par an et pendant un temps très court, celui de la vendange. Malgré cela, comme la vigne est une culture riche, on développe le vignoble d'une façon constante. Dans nos colonies les plus rapprochées, en Algérie et en Tunisie, par exemple, la culture de la vigne a pris une extension considérable. Comme, dans ces pays, la température extérieure dépasse souvent la limite préjudiciable à une bonne fermentation, on a eu des mécomptes; le vin a été souvent mal fait, des maladies se sont développées. Ces maladies ne sont pas spéciales aux pays chauds, puisque, dès 1865, Pasteur en découvrait les causes en étudiant les vins de France les plus réputés; mais ces maladies, qui altèrent les qualités de nos vins, ont été exploitées contre ceux-ci. Certains médecins, généralisant les effets nocifs produits sur l'estomac par des vins malades, ont pu recommander l'abstention de ce liquide, que nos pères appréciaient à si juste titre et auquel on attribue la vieille gaieté gauloise. A l'heure actuelle, les personnes qui ont renoncé au vin sont, en effet, légion, au grand détriment de ceux des Français qui vivent de la culture de la vigne, et au détriment de la race, car, si l'on abandonne le vin, la consommation de l'alcool augmente d'une façon inquiétante. Or, le vin n'amène pas l'alcoolisme et possède au contraire des propriétés nutritives et stimulantes manifestes.

Les affections que produit le vin sur l'organisme humain sont causées par les maladies de ces vins. Le vin, bien fait, bien constitué, ne s'altère pas; mais qu'une année la vendange se fasse dans de mauvaises conditions climatériques, le vin obtenu sera de mauvaise garde, ce qui arrive pour les plus grands crus; de même qu'on cite les années de la comète, où le vin est supérieur, de même il existe des années réputées pour la mauvaise qualité des vins, qui deviennent alors défectueux en vieillissant. Pasteur nous a montré que de simples mesures d'hygiène garantissent le vin de toute

altération; que toutes ces maladies sont dues au développement d'êtres microscopiques et qu'on empêche leur développement en pasteurisant ce vin, c'est-à-dire en le chauffant, en dehors du contact de l'air.

I

Le mot *pasteurisation* est devenu synonyme de stérilisation; mais on le conserve pour les liquides fermentés, le vin, la bière, que Pasteur a étudiés plus spécialement, et dont il a indiqué parfaitement les procédés de stérilisation. On peut pasteuriser un liquide à froid par filtration ou à chaud par élévation progressive de la température jusqu'au degré reconnu nécessaire pour tuer ses germes d'altération ou de maladies. Nous ne nous occuperons ici que de la pasteurisation à chaud, qui est la plus pratique jusqu'à présent.

La chaleur peut stériliser la plupart des liquides servant à l'alimentation. Le lait, par exemple, peut être stérilisé à chaud; mais il faut pour cela le porter à une température qui change un peu son goût. C'est peut-être à cette difficulté que l'on rencontre dans la stérilisation du lait, qu'est due l'appréhension de certaines personnes à l'égard de la pasteurisation du vin. Grâce à son alcool et à son acidité naturelle, dont les actions antiseptiques s'ajoutent à celle de la chaleur, il est inutile, pour pasteuriser un vin, de le porter à des températures aussi élevées que celles auxquelles on doit amener le lait pour le stériliser, si bien que le vin pasteurisé n'a jamais le goût de cuit, et qu'au dire des experts les plus renommés, il est impossible de différencier un vin pasteurisé d'un autre vin non pasteurisé.

A l'heure actuelle, de nombreux commerçants exigent, avant d'acheter un vin, qu'il ait été pasteurisé. Dans de nombreux vignobles, on applique le procédé, et je pourrais citer un de nos grands crus, où, depuis 1886, on pasteurise systématiquement toutes les récoltes.

M. le Professeur Gayon, ancien préparateur de Pasteur, aujourd'hui doyen de la Faculté des Sciences de Bordeaux, a été parmi ceux qui ont le plus fait pour répandre cette pratique. Comme il le dit, « toutes les expériences, à l'heure actuelle, démontrent l'excellence du procédé; il est aujourd'hui hors de doute que, quelle que soit l'origine et la nature du vin, le chauffage bien appliqué le préserve de toute altération maladive, que cette opération n'altère pas la couleur ni le bouquet des grands vins, qu'elle ne nuit point à leur vieillissement, qu'elle ne le hâte ni ne le retarde, et qu'en outre, elle est pratique et peu coûteuse. »

En effet, les vins ne s'améliorent pas toujours en vieillissant; malgré les soins qu'on leur prodigue, ils subissent souvent des maladies (piqûre, graisse, pousse, tourne, amertume, etc...). Nous savons, depuis les travaux de Pasteur, que ces maladies sont corrélatives d'êtres microscopiques, de microbes, dont les germes existent un peu partout et qui éclosent et se développent quand les circonstances deviennent favorables, ce qui arrive, par exemple, lorsque la température monte dans une cuve en fermentation jusqu'à 35 ou 40°. A ces températures élevées, la levure qui doit transformer le sucre en alcool pousse mal, est comme paralysée, tandis que les microbes qui causent les maladies sont dans des conditions de température parfaites pour leur développement, si bien qu'ils pullulent et envahissent le liquide, les uns produisant déjà dans la cuve la maladie de la mannite, par exemple, les autres, les plus nombreux, se réservant de faire leur œuvre de destruction plus tard, lorsque le vin aura été mis dans le tonneau.

Toutes les pratiques habituelles de la vinification ont pour effet, soit d'éliminer mécaniquement ces germes, soit de les empêcher d'éclore. La plupart de ces pratiques seraient inutiles si le liquide était privé de germes vivants, s'il était stérilisé.

On voit par là les économies que réaliseraient les viticulteurs ayant fait pasteuriser leurs vins et dispensés d'accomplir les manipulations qu'on est obligé de faire aujourd'hui pour les vins qui ne le sont pas.

Les germes de maladie existent dans le vin et ils éclosent et se développent quand les circonstances deviennent favorables. Dans un vin de constitution robuste et maintenu à la température basse d'une cave, les germes ne peuvent évoluer; ils tombent lentement dans les lies, d'où ils s'éliminent peu à peu aux soutirages successifs. Le vieillissement se poursuit alors dans des conditions normales, sans accident, sous l'action lente et progressive de l'oxygène de l'air.

Toutes les pratiques habituelles de la vinification ont précisément pour résultat, non seulement de rendre le vin plus limpide et plus fin, mais encore d'accroître sa résistance aux germes parasites et de faciliter sa conservation. Ainsi, par les ouillages fréquents, qui maintiennent le plein des tonneaux, et par le méchage au soufre, qui transforme l'oxygène superficiel en acide sulfureux, on empêche le développement de la fleur du vin et du microbe du vinaigre. Par les soutirages et les fouettages qui, aérant fortement le vin, le saturent momentanément d'oxygène, on paralyse les germes de la tourne et de l'amer qui ne peuvent vivre au contact de l'air.

Par les collages, enfin, et par le repos, on précipite ces germes dans les lies avec les autres matières en suspension. Les lies sont, en définitive, le

réceptacle commun des levures usées et des mauvais ferments; aussi importe-t-il qu'elles ne puissent jamais remonter dans le tonneau et qu'elles soient séparées avec le plus grand soin du vin limpide.

Pour les mêmes raisons, les tonneaux doivent être placés dans des caves fraîches, à température constante, afin que le liquide soit en équilibre permanent. Les soutirages ne doivent être effectués que par les temps froids, lorsque la pression barométrique est élevée et maintient les gaz en dissolution.

La plupart de ces pratiques viticoles perdraient de leur importance si les vins pouvaient être absolument privés de germes vivants, s'ils étaient stérilisés.

II

L'industrie a, depuis un certain nombre d'années, construit des pasteurisateurs pour pasteuriser les vins par la chaleur; les uns donnent de bons résultats; les autres ont des défauts dont il est difficile de se rendre compte en les achetant, si l'on n'est pas bien au courant de la question. Ce sont ces appareils imparfaits qui jettent le plus de discrédit sur la pasteurisation. On se plaint quelquefois que le vin chauffé dans les appareils industriels prend un goût spécial, le « goût de cuit ». Cet accident, qui est extrêmement rare, paraît dû à une surchauffe momentanée ou à un refroidissement insuffisant du vin avant sa sortie de l'appareil, ce qui provoque une trop grande oxygénation, ou à un mauvais état du pasteurisateur; mais, au bout de peu de temps, le goût disparaît et le vin reprend ses qualités normales. Le cas ne se produit jamais dans le chauffage en bouteilles, parce que l'on chauffe en dehors du contact de l'air et que le refroidissement se fait rapidement en dehors de toute cause d'oxygénation. Cette simple constatation de ce qui se passe dans les bouteilles prouve bien que la méthode n'est pas en cause, mais que ce sont les appareils qui ne répondent pas tous aux conditions qu'ils devraient remplir. Or, comme nous le disions plus haut, il est difficile de distinguer un bon appareil d'un mauvais; aussi doit-on être reconnaissant au Ministère de l'Agriculture et à la Chambre de Commerce de Bordeaux d'avoir ouvert dans cette ville, en 1897, le premier concours des appareils à pasteuriser les vins.

La première série des expériences consistait en un chauffage à l'eau, qui devait permettre d'éliminer de suite les appareils ne refroidissant pas suffisamment le liquide chauffé avant de le laisser sortir à l'air libre, c'est-à-dire au contact de l'oxygène, condition essentielle pour la bonne pasteurisation d'un vin. L'eau devait sortir de l'appareil, après avoir été chauffée à 65°, avec un écart maximum de 10° entre la température d'entrée et celle de la sortie; cette épreuve était éliminatoire, et tous les appareils devaient satisfaire à cette expérience à l'eau avant de pouvoir pasteuriser du vin, c'est-à-dire avant de commencer la seconde partie des expériences. Sur 17 appareils ayant pris part au concours, 7 seulement ont été déclarés admissibles et autorisés à faire les essais de chauffage des vins à des températures variées. Voilà donc toute une série de constructeurs qui ne savent pas que leurs appareils ne remplissent aucune des conditions d'une bonne pasteurisation. Il ne faut pas s'étonner si la pasteurisation des vins, faite avec ces appareils, donne de mauvais résultats. En 1901, M. Mathieu, directeur de la Station viticole de Bourgogne, organisa à Beaune, sous les auspices du Ministère de l'Agriculture, une seconde exposition de pasteurisateurs.

A quelle température doit-on chauffer le vin pour le pasteuriser? Cela dépend de sa constitution. Pour les vins faibles en alcool et en acides, il est prudent d'aller jusqu'à 65°; pour les vins riches en alcool et en acides, on peut se contenter de chauffer à une température beaucoup plus basse. En somme, il faut savoir que l'alcool, l'acidité et la chaleur sont des antiseptiques; plus l'un deux agira fortement, moins l'action des autres sera nécessaire pour la destruction des germes de maladies qui se trouvent dans le vin.

A quel moment faut-il pasteuriser un vin? Il ne faut pas attendre que l'altération soit sensible au goût, car le chauffage n'agit que préventivement et ne peut rétablir un vin malade; il empêche seulement les progrès ultérieurs de la maladie. Si le goût et le bouquet ont déjà été modifiés dans un sens défavorable, il est rare qu'ils s'améliorent avec le temps, malgré les réactions d'une éthérification lente. L'examen miscroscopique donne la plus sûre des indications pour savoir si un vin est menacé de maladie. Si, en effet, après une observation attentive du vin et des lies, on ne découvre aucun filament, aucun bâtonnet, et si les particules en suspension ne sont formées que de matières colorantes ou de cellules de levures alcooliques, il n'y a rien à craindre, il est inutile de pasteuriser, à moins que l'on ne préfère pasteuriser systématiquement toute sa récolte.

L'âge du vin importe peu; il n'y a aucun inconvénient à le chauffer dès les premiers mois qui suivent la vendange.

Peut-on pasteuriser un vin resté doux en sortant de la cuve? Quelquefois, la fermentation se complète peu à peu dans ces vins qui ont encore un peu de sucre. Par la pasteurisation, ne détruit-on pas la levure et le vin n'est-il pas dès lors

dans l'impossibilité de continuer sa fermentation?

Un vin qui reste doux sort d'une cuve où la vinification ne s'est pas bien effectuée, où, par conséquent, à côté de la levure, les microbes, cause des maladies, ont déjà commencé à se développer; aussi est-il rare que ces vins, restés doux pendant un certain temps, ne deviennent pas malades dans la suite. En pasteurisant, on détruira ces microbes dangereux pour la santé du vin, et, si la levure est capable de se développer dans ce liquide alcoolique contenant encore un peu de sucre, il sera toujours facile de s'en procurer des cultures pures et de l'ajouter aux vins; alors, la fermentation reprendra sous l'action de la levure, et de la levure seule. Mais, laissons encore parler M. Gayon, et l'expérience suivante, en nous apprenant une propriété physiologique de la levure qu'on ne connaît pas beaucoup d'ordinaire, entraînera toutes les convictions sur la nécessité de la pasteurisation des vins restés doux : Certains négociants, qui avaient parfaitement chauffé des vins encore doux dans d'excellents appareils, entre 60 et 65°, et qui les avaient entonnés limpides dans des fûts stérilisés à la vapeur, virent ces vins se troubler lentement et se mettre à fermenter, les uns après des semaines, les autres après des mois, sans régularité et sans causes apparentes. L'examen microscopique montra, dans tous, de la levure jeune et bourgeonnante à l'exception de tous ferments de maladies; il s'agissait donc simplement d'une fermentation alcoolique du sucre restant; mais comment la levure avait-elle pu s'ensemencer et se développer? Les germes de saccharomyces flottent certainement dans l'atmosphère d'un chai, mais ils n'avaient pu tomber dans le liquide, car les barriques, mises bondes de côté aussitôt après la pasteurisation, n'avaient encore subi aucun soutirage. Il fallait donc que la chaleur eut respecté la vitalité de quelques-unes des cellules de levure qui se trouvent toujours dans un vin et que celles-ci, irrégulièrement distribuées, se fussent lentement rajeunies et multipliées. L'expérience a justifié l'exactitude de cette dernière explication; elle montra que les ferments des maladies des vins résistent beaucoup moins à la chaleur que les cellules de la levure alcoolique, peut-être à cause de la grandeur relative de leur diamètre; aussi, dans les conditions de la pasteurisation industrielle, avec les appareils à grand rendement dans lesquels le vin circule rapidement et ne reste qu'un temps très court dans le caléfacteur, la température de 60 à 65° qui suffit à protéger le vin contre les altérations de mauvaise nature ne l'empêche pas nécessairement d'éprouver, tôt ou tard, la fermentation alcoolique. Il faut, pour obtenir ce résultat spécial, soit porter le liquide à une température de 70° au minimum, s'il est de richesse alcoolique moyenne, soit le ramener ou le maintenir dans l'appareil de façon qu'à 60° il subisse au moins pendant une minute l'action de la chaleur.

La pasteurisation permet donc, comme on le voit, de conserver la levure vivante tout en tuant les germes de maladies. Cette circonstance est particulièrement avantageuse dans les cas de vins restés doux au sortir de la cuve; leur fermentation n'ayant pu se compléter par suite de la température élevée de la vendange, les cellules de levure y sont restées languissantes et gênées dans leur rajeunissement par la présence de nombreux microbes étrangers : en détruisant ces derniers, on laisse aux premières tout loisir pour reprendre leur activité normale; la fermentation secondaire s'établit seule dans le tonneau et le vin s'achève sans encombre, sans maladies.

III

Si tous les vins étaient mis par la pasteurisation à l'abri des altérations, les vins malades n'amèneraient plus de maladies chez l'homme, et les médecins n'auraient pas de prétextes pour défendre l'usage de cette boisson, qui, en général, rend de grands services à l'alimentation. Mais le vigneron néglige trop les données que lui apporte la science. Pourtant la pasteurisation ne répondrait pas seulement au but que nous venons d'indiquer : son usage permettrait encore de créer des débouchés dans des régions où la consommation du vin se trouve forcément limitée, dans nos colonies françaises, par exemple. Nous n'en donnerons pour preuve que l'expérience suivante, faite en Tunisie, à notre instigation, par le Service de l'Intendance, sur l'ordre de M. le Ministre de la Guerre.

Il est si difficile de conserver le vin dans les postes du Sud de la Tunisie, pendant les chaleurs de l'été, que, depuis plusieurs années, le Service de l'Intendance a renoncé à en fournir aux garnisons de ces régions. L'Administration donne une indemnité en argent, et les troupes doivent s'approvisionner elles-mêmes. On comprend les inconvénients que peut amener cet état de choses au point de vue de la santé des troupes qui, avec cet argent, achètent toute autre chose que du vin; c'est une des raisons qui poussent ces malheureux soldats à boire de l'absinthe.

Pour les approvisionnements de la Guerre et de la Marine, dans le Nord de l'Algérie et de la Tunisie, on exige du vin pesant 12° d'alcool, car, dans ces conditions, ce liquide se conserve plus facilement dans ces pays chauds que lorsqu'il a un degré alcoolique moins élevé. Malheureusement, il est difficile de trouver dans le Nord de l'Afrique un vin à degré aussi fort, et c'est encore un débouché

naturel de moins pour la vente des vins de cette région. Il y avait donc intérêt à avoir une méthode permettant de conserver le vin sans crainte de le voir s'altérer, même pendant les grandes chaleurs.

Dans le cours de 1897, M. Dybowski, directeur de l'Agriculture en Tunisie, a fait venir un appareil de pasteurisation des vins, qui a été mis à la disposition des colons pour leur démontrer, par la pratique, que l'emploi de cette excellente méthode pouvait être fait sans la moindre crainte de porter atteinte à la qualité reconnue des vins de la Régence.

M. le général commandant la Division d'occupation demanda au Ministre de la Guerre de faire faire, par le Service de l'Intendance, une expérience de pasteurisation. Le Ministre de la Guerre donna l'ordre de faire cette expérience sur quarante hectolitres, à répartir ensuite dans les postes du Sud et à conserver pendant un an en les surveillant. Selon les prescriptions contenues dans une dépêche ministérielle datée du 3 juillet 1897, ce chauffage eut lieu le 31 décembre 1897, à l'Institut Pasteur de Tunis, que nous dirigions à cette époque.

Ce vin pasteurisé fut envoyé dans le Sud, la moitié à Médénine, l'autre moitié à Gabès. En même temps étaient expédiés un même nombre d'hectolitres de vin témoin. Le vin pasteurisé était conservé bonde de côté, c'est-à-dire qu'une fois stérilisé, ce vin n'a pas été adultéré par l'addition d'une petite quantité de liquide contenant des germes de maladies, et l'on n'a pas eu besoin de lui donner les soins ordinaires que réclament les vins. M. le Directeur de l'Intendance a bien voulu nous communiquer les résultats de cette expérience terminée le 31 décembre 1898.

Le vin témoin a dû être mis en distribution au mois de novembre 1898; il avait atteint son extrême limite de conservation. « Au 31 décembre, les vins pasteurisés étaient en bon état de conservation, dit le Rapport; il est permis de supposer que le vin conservera encore toutes ses qualités, tout au moins jusqu'à la période des chaleurs. En présence de ces faits, la pasteurisation semble donner d'excellents résultats, et devoir être pratiquée sur les vins à consommer dans le Sud de la Régence, où le vin non pasteurisé est trop sujet à l'altération. »

Voilà donc une expérience qui démontre que le vin tunisien pasteurisé se conserve parfaitement dans le Sud de la Régence pendant les chaleurs de l'été, et cela à la condition de le mettre dans des tonneaux bien stérilisés eux-mêmes, et dans lesquels, si l'on fait des ouillages, qui sont du reste inutiles, on ne les fera qu'avec du vin qui aura été lui-même pasteurisé. Nous savons qu'à l'avenir cette pratique sera appliquée par le Service de l'Intendance, et que nos vins tunisiens trouveront ainsi un nouveau débouché. Nous espérons que l'Administration de la Marine en fera de même.

IV

Cette expérience, en démontrant aux viticulteurs l'utilité de la pasteurisation des vins, les incitera probablement aussi à recourir de plus en plus à cette pratique, qui doit être employée pour des vins en parfait état de conservation, avant tout commencement de maladie; car, nous le répétons, la pasteurisation est une mesure d'hygiène qui a pour but de conserver le vin et non de le guérir de ses maladies.

Nous savons, du reste, que de nombreux agriculteurs font la pasteurisation des vins. Pourquoi ne cherchent-ils pas à répandre l'usage de cette pratique? Pourquoi ne disent-ils pas à tous les avantages qu'ils trouvent dans l'application de ce procédé. Ils feraient bénéficier tous les viticulteurs de l'expérience qu'ils ont; le vin se conserverait plus facilement et garderait sa bonne réputation sur le marché. Il ne faut pas oublier que les vins des plus grands crus de France sont pasteurisés tous les ans systématiquement.

Le vin pasteurisé, ne s'altérant plus, ne contiendra pas les acides et autres substances qui se produisent au moment où le vin est malade et qui déterminent, sur notre organisme, la majeure partie des désordres que l'on impute au vin. Que les viticulteurs cherchent donc à répandre par tous les moyens possibles l'usage de la pasteurisation des vins; les médecins n'auront plus d'excuses pour incriminer le vin.

Au moment du Concours de Bordeaux, et lorsque les bons effets de la pasteurisation ont été constatés par tous, plusieurs viticulteurs du Bordelais avouèrent qu'ils pratiquaient la pasteurisation depuis longtemps. Il en fût de même en Bourgogne, après l'exposition de Beaune organisée par M. Mathieu.

On pasteurise, mais on se cache pour le faire. On sait dans le commerce que telle maison, dont les vins tiennent bien, pasteurise probablement ses vins, mais on n'ose pas l'imiter parce qu'on a peur de l'effet du chauffage sur les vins. On ne connait pas la pasteurisation, on en entend vaguement parler; il est temps, cependant, que cette mesure entre dans la pratique.

C'est aux hygiénistes qu'il appartient de la recommander et de la faire connaître. Si le vin n'était plus acide, n'était plus malade, il ne déterminerait plus de maladies chez l'homme, les médecins ne seraient plus obligés de défendre le vin à leurs malades, les consommateurs n'auraient plus l'excuse de prendre des boissons alcooliques parce que le vin amène des affections d'estomac; nous

aiderions ainsi à lutter contre l'alcoolisme, que le vin pris en raisonnable quantité n'amène pas. Nous ferions œuvre utile au point de vue hygiénique et au point de vue économique. Ils sont si rares, les cas où nous ne nous heurtons pas à de gros intérêts économiques, lorsque nous préconisons une mesure d'hygiène, que véritablement la question devrait intéresser tous les hygiénistes, et que, partout, ils devraient s'efforcer de provoquer des expositions de pasteurisateurs des vins, car c'est le meilleur moyen de faire pénétrer cette utile pratique dans une région. La chose est facile; les constructeurs de bons appareils se prêtent facilement à ces démonstrations publiques, car il est, en effet, de leur intérêt de faire connaître les bons appareils et les effets d'une pasteurisation bien conduite.

Dr A. Loir,
Ancien préparateur de M. Pasteur,
Professeur d'Hygiène à l'Ecole Supérieure d'Agriculture coloniale.

VOYAGE DE RECONNAISSANCE AU MAROC[1]

PREMIÈRE PARTIE : OROGRAPHIE, HYDROGRAPHIE, GÉOLOGIE

La région dont nous nous occuperons ici est la partie du *vorland* de l'Atlas comprise entre le 9e et le 11e degré de longitude ouest de Paris et entre les parallèles de Rabat et de Marrakech, c'est-à-dire un territoire d'environ 40.000 kilomètres carrés, représentant à peu près la 12e partie du Maroc.

Nous y avons parcouru et levé plus de 2.000 kilomètres d'itinéraires, dont les deux tiers nouveaux, ce qui nous a permis, pour la construction de notre carte (fig. 1), de nous baser presque entièrement sur des observations personnelles. Pour la représentation de la région située au sud et à l'est des Djebilat, nous avons utilisé la belle carte de M. de Flotte-Roquevaire et l'itinéraire de M. Th. Fischer, en transportant, d'ailleurs, toute cette contrée d'une trentaine de kilomètres à l'ouest, ce qui était indispensable pour la rattacher à nos itinéraires au nord du Morbêa et pour corriger l'erreur d'Ali Bey el Abassi et de Washington, qui plaçaient Marrakech à 9° 56′ O. de Paris, erreur propagée depuis un siècle par les géographes, signalée enfin par le comte de Castries, puis prouvée par les déterminations du capitaine Larras, qui ont été confirmées par les observations astronomiques du capitaine Fawcett.

Pour ne pas encombrer notre carte, nous n'y avons fait figurer aucun de nos itinéraires. Ils ont été représentés à part (fig. 2). Pour la même raison nous n'y avons mis que les villes, les *kasbas* et les *zâouias* importantes visitées par nous-même et quelques autres dont le gisement semble assez exactement établi, négligeant les *zâouias* moins importantes, les *douars*, les *souks* et les innombrables *koubbas* dont le pays est semé. Par contre, nous nous sommes attaché à représenter l'orographie et l'hydrographie de la région aussi exactement qu'il nous a été possible de le faire.

Le texte n'est que le commentaire de notre carte, suivi de notes sur la géologie, le climat, la flore, la faune et la population.

La petite carte hypsométrique (fig. 4) se base sur une centaine d'altitudes, dont nous avons relevé la majeure partie à l'aide d'un anéroïde et d'un thermomètre ordinaires. Un quart environ de ces altitudes a été emprunté à la carte hypsométrique du Maroc de M. de Flotte-Roquevaire et à l'ouvrage de M. Fischer. Une dizaine d'autres, ne reposant que sur l'estimation, ont été mises entre parenthèses.

Sur une autre carte (fig. 10), nous avons essayé de représenter ce que nous savons de la constitution géologique de la région étudiée. Les données sur lesquelles nous nous appuyons sont puisées en grande partie dans l'*Atlas Marocain* de M. P. Schnell, dont le chapitre VI est une étude critique admirable des itinéraires de Lemprière, Ali Bey, Washington, Beaumier, Hooker, von Fritsch, Lenz, Crema, Le Vallois, de Foucauld, Erckmann, Thomson, etc., dans les hautes plaines qui s'étendent entre le Grand Atlas et l'Océan. Ici encore, nous avons trouvé de nombreux et précieux renseignements dans l'ouvrage de M. Fischer. Nous y avons ajouté le modeste résultat de nos observations personnelles.

Sur une cinquième carte, qui paraîtra dans la seconde partie de cet article, nous avons figuré la distribution approximative des terrains cultivés, des steppes et des régions boisées.

---

[1] Le Dr F. Weisgerber, fixé pendant plusieurs années à Casablanca, a accompli de nombreux voyages à l'intérieur du Maroc, l'un en particulier à la suite de la *mhalla*, colonne expéditionnaire du Sultan. L'article qu'on va lire est la description d'une région qu'il a parcourue en tous sens et qui s'étend, au sud de Rabat, de Casablanca et d'Azemmour, jusqu'à Marrakech. Il formera le complément, et comme l'illustration dans une région particulière, des études générales que la *Revue* a publiées précédemment sur le Maroc. (Voir les articles de MM. J. Machat, Aug. Bernard et Edm. Doutté dans la *Revue* des 15 et 30 janvier, 15 et 28 février, 15 et 30 mars et 15 avril 1903.)

Et, enfin, sur une sixième carte, nous indique- | c'est-à-dire d'une façon encore très incomplète.

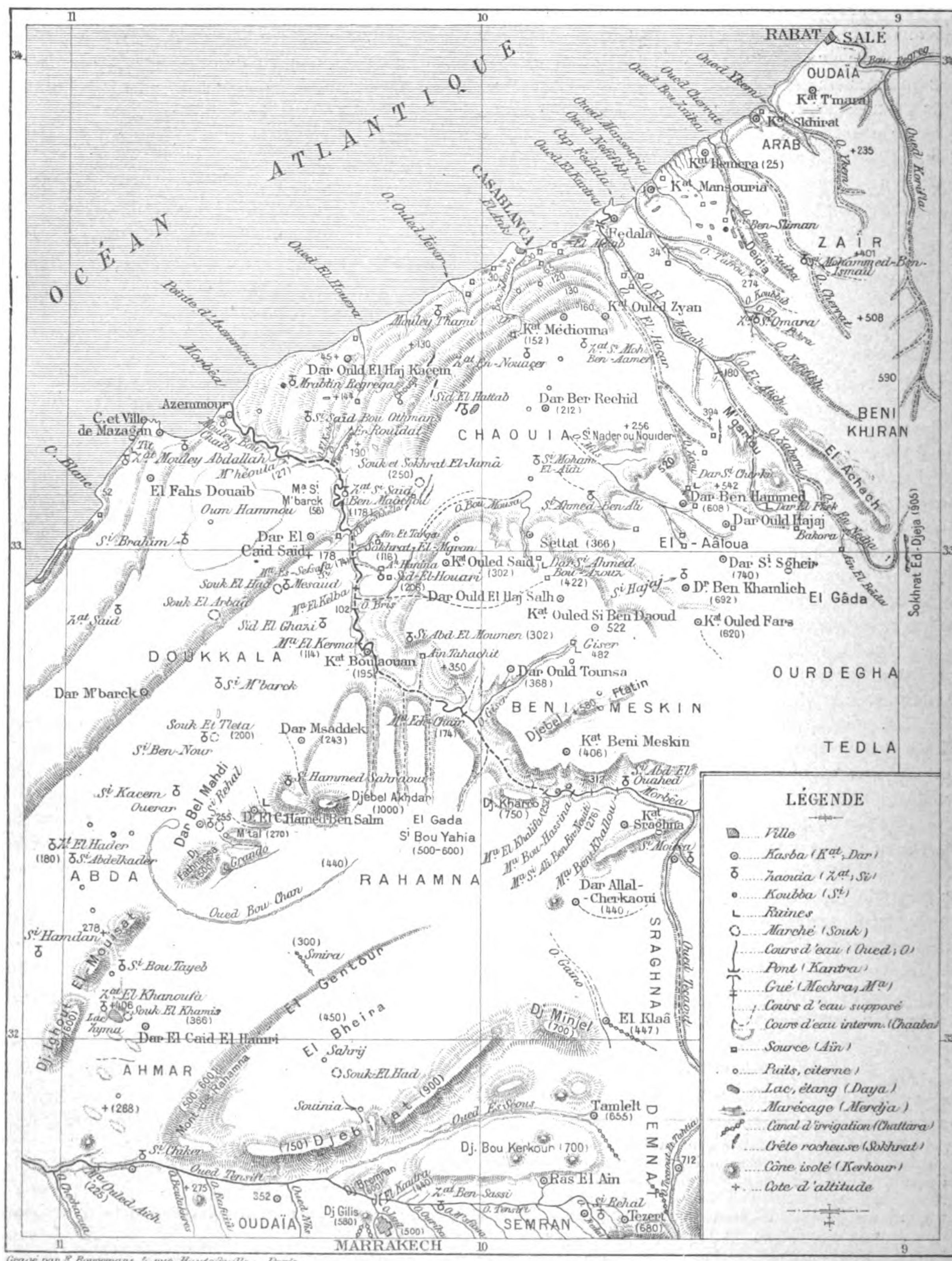


Fig. 1. — *Région située entre Rabat, Mazagan et Marrakech.*

rons les différentes tribus qui habitent la région étudiée, en tant qu'elles nous sont connues,

Quant aux profils panoramiques joints à cet essai : l'un (fig. 5) représente la région qui s'étend

au sud de la kasba des Beni-Meskin et du Morbêa ; l'autre (fig. 6), la partie méridionale et occidentale du Grand Atlas vue d'une colline située entre le lac Zyma et le Tensift et correspondant à peu près

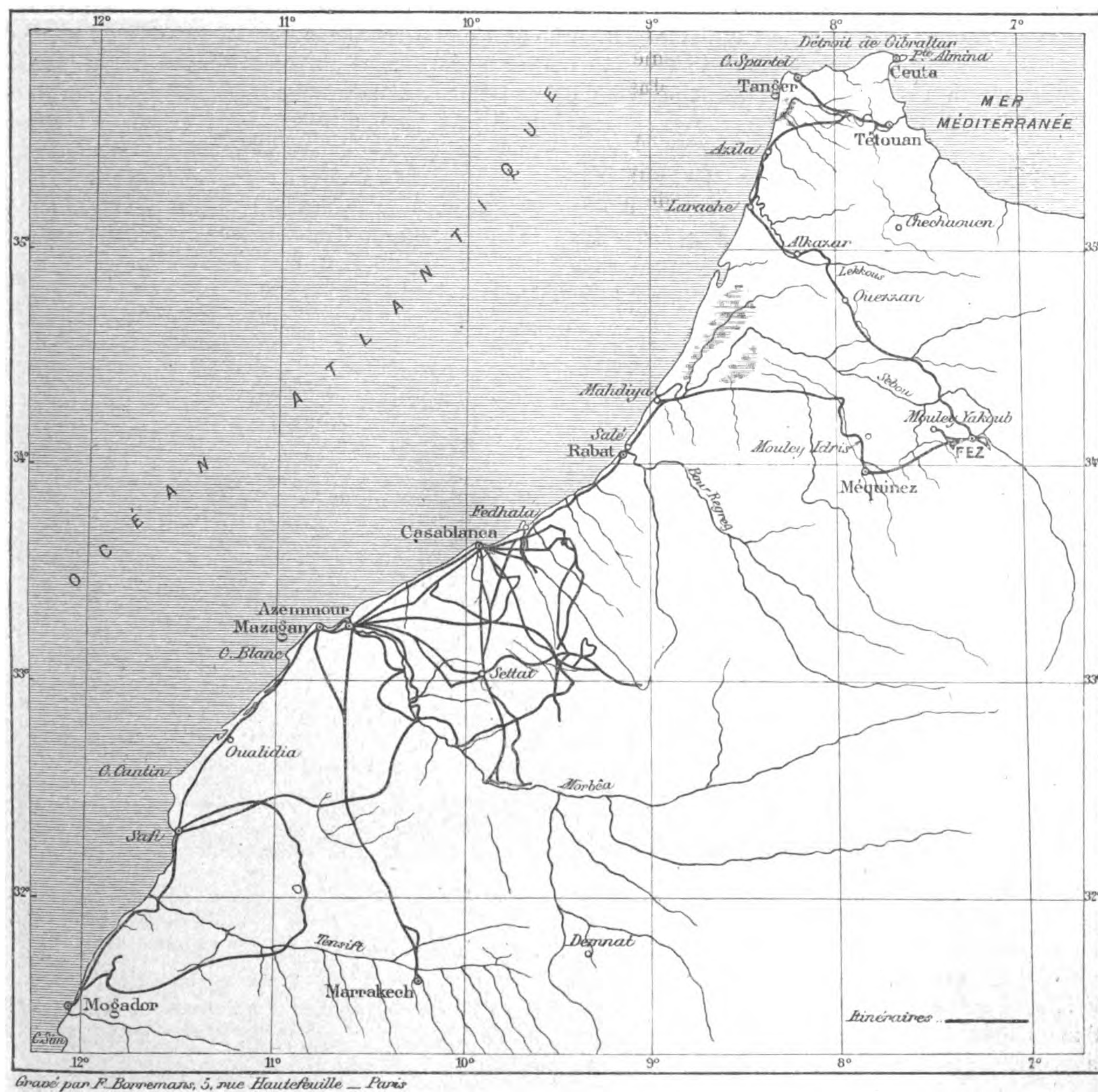


Fig. 2. — *Itinéraires parcourus par le Dr F. Weisgerber au Maroc.*

au point où notre carte indique une altitude de 268 mètres [1].

I. — Orographie.

La région dont nous nous occupons se divise en quatre zones bien distinctes, que nous nommerons le *sahel*, la *terrasse inférieure*, la *terrasse supérieure* et le *haut plateau subatlantique*. La délimitation de ces différents étages ne nous a été pos-

[1] Liste des ouvrages consultés :

R. de Flotte-Roquevaire : Carte du Maroc, 1/1.000.000, Paris, 1897. — Carte hypsométrique du Maroc (*Ann. de Géogr.*, t. X, 1900).

P. Schnell : L'Atlas marocain, d'après des documents originaux, traduit par M. Augustin Bernard (*Publ. de l'Ec. des Lett. d'Alger*, Paris, 1898).

Th. Fischer : Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise im Atlas-Vorlande von Marokko (*Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft* No 133, Gotha, 1900). — Zur Klimatologie von Marokko (*Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, Band xxxv, Heft 6).

P. de la Martinière : Notice sur le Maroc (Extrait de la *Grande Encyclopédie*, 1897).

Ph. Vassel : *Grundzüge der marokkanischen Verfassung*, Casablanca, 1899.

E. Doutté : Une Mission d'études au Maroc. Rapport sommaire d'ensemble (Supplément au *Bull. du Comité de l'Afrique française*, décembre 1901).

E. Montet : A special Mission to Morocco (*Asiatic quarterly Review*, octobre 1901).

M. Castellanos : *Historia de Marruecos*, Tanger, 1898.

sible qu'à l'ouest de l'Oued El-Kantra ; à l'est de ce cours d'eau, le pays est trop raviné et trop peu accessible.

§ 1. — **Le Sahel.**

Le sahel est une bande de terrain accidentée, côtoyant l'Atlantique et allant en s'élargissant de l'est à l'ouest. Sa largeur, qui n'est que de 15 kilomètres entre Casablanca et K^{at} Mediouna, atteint plus du double à l'ouest du Morbêa.

A l'est de ce fleuve, le sahel est caractérisé par une série de côtes, parallèles entre elles et suivant une ligne courbe du nord-est au sud-ouest, de plus en plus élevées vers l'intérieur et séparées par des dépressions peu profondes. Il y a cinq de ces côtes entre Casablanca et K^{at} Mediouna ; d'autres, se détachant de différents points de la côte, viennent s'y ajouter, de sorte qu'entre Dar Ber-Rechid et Azemmour on trouve leur nombre doublé.

A l'ouest du Morbêa, le plissement du terrain est moins accentué. On y remarque cependant trois chaînes de hauteurs assez nettement accusées. La première forme la côte entre Mazagan et le cap Blanc, puis se retire à une petite distance du bord de la mer, qu'elle suit en prenant souvent la forme d'une falaise rocheuse. Au delà de K^{at} Ayer, elle se rapproche de nouveau de la mer qu'elle atteint au cap Cantin. L'espace qui reste entre elle et la grève bordée de dunes et de récifs est occupé par un long sillon de terres sableuses, El-Oûlja, parsemé de lagunes, dont la plus grande, celle d'Oualidiya, communique avec la mer par trois trouées séparées par des ilots rocheux (fig. 3).



Fig. 3. — *Lagune d'Oualidiya.*

La deuxième côte commence au bord du Morbêa, près de son embouchure, s'éloigne de la côte, puis s'en rapproche de nouveau et se termine par les rochers escarpés qui forment la pointe de Safi. Elle divise le sahel dans le sens de sa longueur en deux bandes de terrains irrégulièrement accidentés, dont la seconde atteint la mer entre Safi et le Tensift.

La troisième chaîne de hauteurs et la dernière des côtes à l'est du Morbêa forment ensemble la limite méridionale du sahel. Cette limite passe au nord de K^{at} Mediouna et de Z^{at} En-Nouaçer avec une pente raide vers le sud, puis s'infléchit vers le sud-ouest en devenant de moins en moins accentuée. Sur la rive gauche du Morbêa, nous la retrouvons dans une chaine de hauteurs au nord de Souk El-Had, puis à Souk El-Arbaâ, situé dans un cirque rocheux découpé dans son versant septentrional. Là déjà, vue du sud, elle est moins apparente. Elle s'efface encore davantage, croise le 11e méridien à la hauteur du cap Cantin environ et doit aboutir à la rive droite du Tensift en face du contrefort septentrional du Djebel Hadid.

§ 2. — **La Terrasse inférieure.**

C'est une plaine presque absolue, à peine ondulée et parsemée de quelques renflements plats et bas d'une trentaine de kilomètres de largeur moyenne. Inclinée en pente douce du sud au nord, l'altitude de son bord septentrional est d'environ 150 mètres, celle de son bord méridional de 250 mètres.

Elle est séparée de la terrasse supérieure par un talus nettement tracé, suivant une ligne ondulée du nord-est au sud-ouest, entre M'gartou et le Djebel Ighout.

M'gartou, sur la rive gauche de l'Oued Zabern et à 60 kilomètres environ de son embouchure, est un massif rocheux isolé, dont nous estimons la hauteur à près de 600 mètres. A l'ouest de ce massif, une brèche de 8 à 10 kilomètres permet de monter insensiblement vers les régions plus élevées. Au delà, le talus commence par El-Kidar, hauteur de 520 mètres à pente raide vers le nord, et court vers l'ouest-sud-ouest. Deux cônes tronqués reliés par un col, S^i Nader ou Nouider, dont le plus élevé doit atteindre environ 500 mètres, se dressent dans la plaine en avant du talus. La rampe s'abaisse à 400 mètres, puis à 300 mètres, à l'ouest du 10e méridien, et décrit une courbe brusque vers

le sud-sud-ouest. Le Morbèa y fait une entaille large et profonde à environ 60 kilomètres de son embouchure. Au delà du fleuve, le talus se relève graduellement. Après le défilé de M'ta!, il se confond avec une véritable chaîne de montagnes, qui s'étend au sud-ouest, jusqu'à une vingtaine de kilomètres de la vallée du Tensift.

Cette chaîne, dont les maillons principaux sont le Dj. Ighout, le Dj. Fathnassa, le Dj. Akhdar et le Dj. Kharro, part du point d'intersection du 11° de longitude O. et du 32° de latitude N. et atteint le 10e méridien par 32°30' de latitude environ.

Le Dj. Ighout, que nous évaluons à 600 mètres, se continue par les hauteurs moins élevées d'El-Mouisat (400 à 500 mètres). Celles-ci sont séparées du Dj. Fathnassa (500 mètres) par une large brèche établissant une communication entre les deux terrasses. A l'est du défilé de M'tal, des hauteurs de 400 à 500 mètres rattachent le Dj. Fathnassa au Dj. Akhdar.

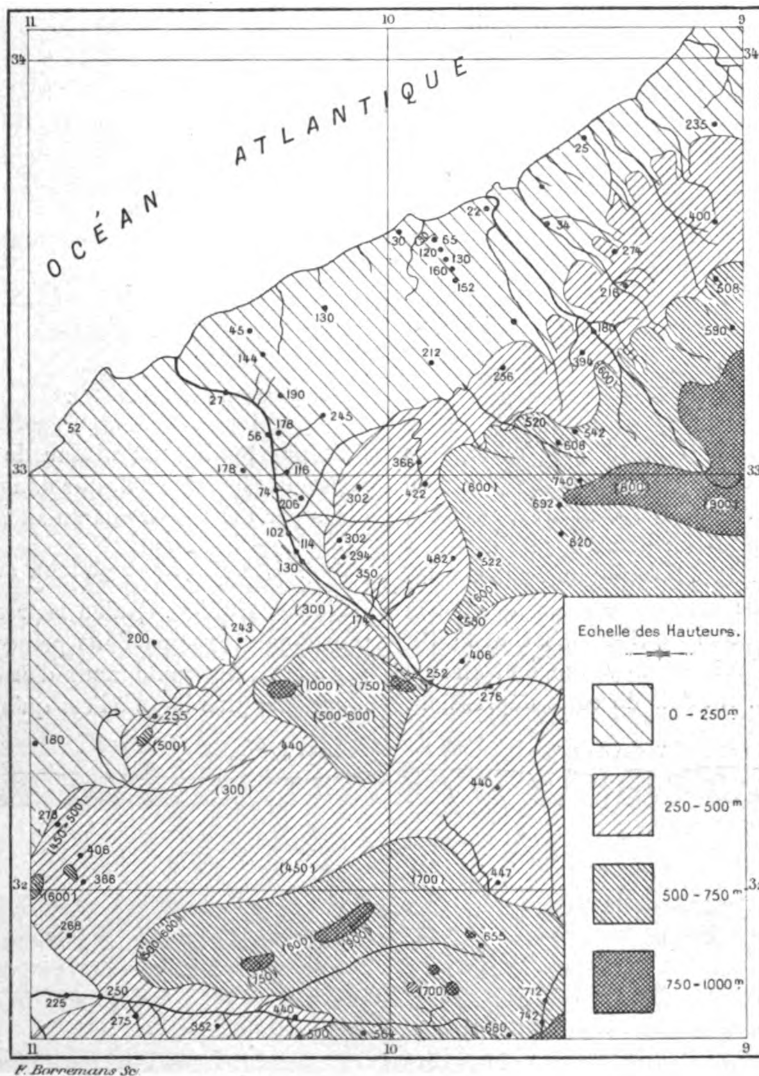


Fig. 4. — *Carte hypsométrique de la région représentée par la figure 1.*

Visible de plus de 60 kilomètres à la ronde, le Dj. Akhdar se présente toujours sous forme d'un massif conique s'élevant bien au-dessus des hauteurs voisines, en arrière du talus de la terrasse supérieure. Son sommet doit avoir près de 1.000 mètres d'altitude. A l'est du Dj. Akhdar, séparé de lui par une distance de 5 à 6 lieues, de base à base, se dresse un autre massif distinct, le Dj. Kharro, qui, vu du nord, présente l'aspect d'une crête rocheuse déchiquetée, pouvant avoir 750 mètres de hauteur et 10 à 12 kilomètres de longueur. La région peu connue entre les deux massifs semble avoir de 5 à 600 mètres.

§ 3. — La Terrasse supérieure.

C'est un plateau accidenté, s'inclinant et se rétrécissant de 70 à 30 kilomètres, de l'est à l'ouest. Sa limite orientale est formée par les montagnes de l'Achach et des Beni Khiran, dernières ramifications d'une chaîne se détachant du Moyen Atlas à la lisière septentrionale du haut plateau subatlantique.

La partie la plus élevée de la terrasse semble se rattacher à cette chaîne à Sokhrat ed-Djeja (905 mètres : Le Vallois). Nous y avons relevé des altitudes de 692 et de 740 mètres, à Dar Ben Khamlich et à Dar Si Sgheïr; mais les points culminants doivent se trouver entre 800 et 900 mètres. Cette région élevée, El-Aâloua, est un petit plateau vallonné superposé à la terrasse, s'étendant à l'ouest jusqu'aux environs de Settat et de Kat Ouled Si Ben-Daoud, et auquel on accède par des pentes au nord et au sud, par des gradins à l'ouest. Vers le Morbèa, la terrasse s'abaisse jusqu'à ne plus être qu'à 300-350 mètres au bord de la vallée.

Cependant, entre Kat Ouled Si Ben-Daoud et Ma Ben-Khallou, on trouve encore une chaîne de hauteurs étroite, orientée de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, dont l'extension nous est inconnue. C'est le Djebel Ftatin, chaîne de collines aux sommets arrondis ressemblant à des dunes solidifiées et pouvant avoir de 550 à 600 mètres de hauteur. Au sud

du Dj. Ftatin, le terrain dévale rapidement vers le fleuve.

A l'ouest du Morbêa, la terrasse reprend avec des altitudes supérieures à celles de la rive droite, puis remonte vers le sud, où — de K^at^ Beni Meskin — nous avons aperçu un plateau élevé qui nous a été désigné sous le nom de Gâda S[i] Bou-Yahia. Nous avons déjà mentionné le Dj. Akhdar et le Dj. Kharro qui se dressent à 1.000 et à 750 mètres, environ, dans cette partie de la terrasse. Plus loin, le terrain s'abaisse de nouveau, formant un vaste bassin, qui communique avec la terrasse inférieure par la trouée entre les hauteurs d'El-Mouisat et le Dj. Fathnassa et dont l'altitude moyenne doit être de 300 mètres environ. Au delà de cette dépression, la terrasse remonte à plus de 400 mètres, puis redescend en pente douce jusqu'au Tensift. Plusieurs petites chaînes de collines traversent cette dernière partie du sud-est au nord-ouest.

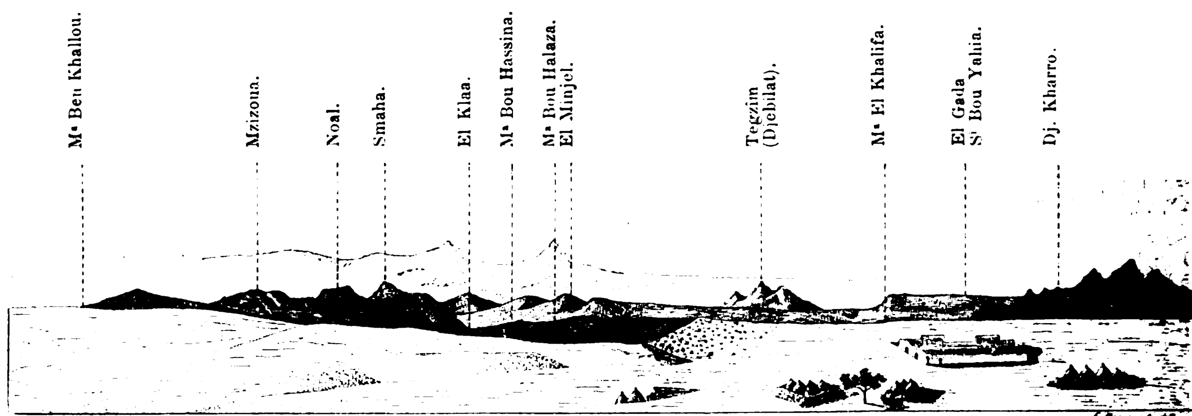


Fig. 5. — *Moyen et grand Atlas vu de la kasba des Beni Meskin.*

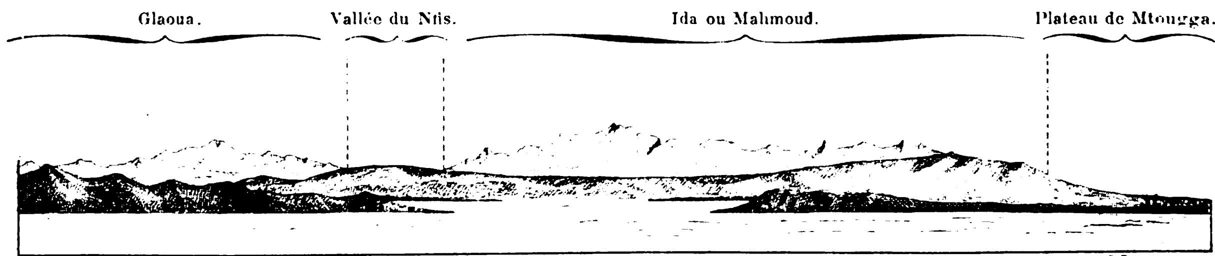


Fig. 6. — *L'Atlas vu des hauteurs au sud du lac Zyma.*

La limite méridionale de la terrasse supérieure ne nous est connue qu'entre le Morbêa et le Tensift. Le premier la franchit en aval du point où il se réunit au Teçaout, à près de 130 kilomètres de la côte; le second, près de S[i] Chiker, à 80 kilomètres environ de la mer. La ligne réunissant ces deux points est formée, en son milieu, par la côte rocheuse d'El-Gentour, par laquelle on monte, en une heure, de la plaine de Smira à celle, plus élevée de 150 mètres, d'El-Bheïra. Vers l'ouest, El-Gentour semble se rattacher aux montagnes des Rahamna, que Beaumier et Thomson trouvèrent à une vingtaine de kilomètres du lac Zyma et qui, vues du nord-ouest, présentent l'aspect d'une crête rocheuse déchiquetée. Vers l'est, la côte d'El-Gentour s'efface et finit par tomber au niveau de la plaine, pour ne reparaître, semble-t-il, que dans les hauteurs franchies par Lenz et Crema au sud du Morbêa.

§ 4. — Le haut plateau subatlantique.

Notre carte (fig. 1) n'en représente que la partie moyenne, traversée dans presque toute sa largeur par un massif montagneux d'environ 100 kilom. de longueur, plus large à l'est qu'à l'ouest et dont l'arête principale est formée par la chaîne des Djebilat.

La grande route de Mazagan à Marrakech traverse cette chaîne en son milieu, en passant par le défilé de Souinia. Ce défilé, long de 10 à 12 kilomètres, large et au col peu élevé (600 mètres environ), divise les Djebilat en une aile orientale et une aile occidentale. La première, plus élevée (900 à 1.000 mètres), court au nord-est, puis à l'est, et se termine près d'El-Klaâ par les hauteurs moins considérables du Dj. Minjel. L'aile occidentale (700 à 800 mètres) suit une direction est-ouest et semble se rattacher aux montagnes des Rahamna.

Au sud des Djebilat, le Bremran et le Bou-Ker-

kour atteignent de 600 à 700 mètres : le premier à l'ouest, le second à l'est de la route Mazagan-Marrakech. Le Bou-Kerkour doit son nom (Kerkour : tas de pierres) aux monticules rocheux isolés dont il est couvert, et dont la série se continue, au sud du Tensift et à l'ouest de Marrakech, par le Dj. Gilis et les Koudiat Ardhouz.

Au sud du massif montagneux s'étend la vaste plaine de Marrakech, d'une altitude moyenne de 500 mètres environ; au nord, celle d'El-Bheïra qui se continue, à l'est, par celle des Sraghna (altitude moyenne 450 mètres). Les deux grandes plaines sont reliées par une bande étroite, entre l'extrémité orientale du Bou-Kerkour et les avant-monts de l'Atlas. C'est cette bande de terrain, dont l'altitude atteint environ 700 mètres au pied des avant-monts, qui forme la ligne de partage entre les bassins du Morbêa et du Tensift.

II. — Hydrographie.

§ 1. — Côtes.

La région dont nous nous occupons est limitée au nord, sur une étendue d'environ 220 kilomètres, par la côte de l'Atlantique, qui suit ici une direction générale E. 35 N.-O. 35 S.

Sur la rive gauche du Bou-Regreg, la côte commence par un massif rocheux de 20 à 30 mètres d'élévation et court, en une ligne peu accidentée et presque droite, jusqu'à la pointe d'Azemmour. Toute cette partie du littoral est relativement basse, bordée de récifs ou de dunes et de plages sablonneuses. Les rochers dominent entre le Bou-Regreg et Casablanca, les sables entre Casablanca et le Morbêa. On n'y trouve que deux baies pouvant servir de mouillage, toutes deux exposées aux vents du nord. La première, plus petite, est celle de Fedala. Elle s'ouvre entre les hauteurs qui s'avancent dans la mer, à droite de l'embouchure du Neffifikh, et la presqu'île rocheuse connue sous le nom de cap Fedala. Cette anse est aujourd'hui condamnée comme point d'atterrissage. La baie de Casablanca, plus spacieuse, est protégée contre les vents d'ouest par le promontoire rocheux d'El-Ank, dont la base se prolonge au nord par des écueils dangereux.

A la pointe d'Azemmour, la côte s'infléchit vers l'embouchure du Morbêa, puis décrit une courbe concave bordée de plages jusqu'à la pointe rocheuse et basse du cap Mazagan, formant la rade vaste, mais très ouverte, de la ville du même nom.

Au delà du cap Mazagan, la côte, hérissée de récifs, s'élève peu à peu et atteint environ 30 mètres à la falaise à pic du cap Blanc; puis elle forme un angle rentrant très accentué vers le sud-est et reprend sa direction vers le sud-ouest en une ligne presque droite jusqu'au cap Cantin.

§ 2. — Cours d'eau.

Voici, du nord au sud, les cours d'eau qui se jettent dans la mer, de Rabat au 32e parallèle : l'oued Bou-Regreg, l'oued Ykem, l'oued Cherrat, l'oued Bou-Znika, l'oued Mansouria, l'oued Neffifikh, l'oued El-Houera, l'oued Dar El-Beïda, l'oued Ouled Jerar, l'oued El-Homra, l'oued Morbêa (Oum Er-Rebia) et l'oued Tensift, sans compter un certain nombre de ruisselets et de *chaâb* (plur. de *chaâba* : ravin ne charriant que des eaux de pluie) que l'on trouve, presque tous, entre Rabat et Casablanca.

L'oued Bou-Regreg naît dans la région montagneuse des Zaïan, où il porte successivement les noms d'oued Ifran et d'oued Ksiksou. Son cours, dont la longueur peut être estimée à 200 kilomètres, n'a été reconnu qu'en trois ou quatre points par le commandant Le Vallois et le vicomte de Foucauld. Partout ailleurs, jusqu'à une très faible distance de son embouchure, il coule en pays inexploré et à peu près inaccessible, formant la limite entre les territoires des tribus indépendantes des Zaïr et des Zemmour. Ses principaux affluents sont : à gauche, l'oued Grou et l'oued Korifla; à droite, l'oued Ourjelim. Les deux villes de Rabat et de Salé (Sla) sont établies aux deux côtés de son embouchure, la première à gauche, sur la pente d'un plateau rocheux, la seconde à droite, sur une grève sablonneuse large et basse, s'avançant en pointe de façon à rétrécir considérablement l'embouchure du fleuve. Celle-ci est obstruée par une barre de sable, praticable pendant soixante à soixante-dix jours sur cent, et seulement pour des embarcations de très faible tonnage. Derrière la barre, la rivière, large et profonde, pourrait être transformée en un port excellent. Les steamers qui fréquentent Rabat mouillent à 2 ou 3 milles de terre. Le chargement et le déchargement s'opèrent à l'aide de solides gabarres montées par une vingtaine de rameurs. Mais fréquemment, en hiver principalement, toute communication reste interrompue pendant des périodes pouvant s'étendre à plus de quinze jours. D'autres embarcations font la navette entre Rabat et Salé, transportant gens, bêtes et marchandises d'une rive à l'autre.

L'oued Ykem se jette dans la mer à une vingtaine de kilomètres de Rabat. Il parcourt le territoire inexploré des Zaïr et, sortant d'une gorge rocheuse aux parois escarpées, s'élargit en une petite lagune reliée à la mer par un goulet court et étroit. La route côtière traverse ce goulet, dont le passage présente quelquefois des difficultés, au moment des crues et de la marée haute.

L'oued Cherrat naît également dans le territoire des Zaïr, puis forme la limite entre ceux-ci et les Chaouïa. Il atteint la mer à une douzaine de kilomètres du précédent et se termine, comme lui, par une lagune et un goulet que nous avons toujours trouvé facilement guéable.

Trois kilomètres plus loin, au fond d'un ravin pierreux, la route traverse l'oued Bou-Znika, puis une série de *chaâb* et de ruisseaux, dont le plus important est l'oued Mansouria, qui passe au pied de la kasba du même nom.

A 28 kilomètres de Casablanca, la route côtière traverse l'oued Neffifikh, près de son embouchure. Le passage, très facile à marée basse, reste impraticable et immobilise les caravanes pendant plusieurs heures au moment du flux. La source du Neffifikh se trouve vraisemblablement dans les montagnes de l'Achach ou des Beni-Khiran et son cours a 70 à 80 kilomètres de longueur. Il reçoit, notamment de droite, plusieurs petits affluents, dont les principaux sont l'oued El-Fokra, l'oued Koubbib et l'oued Tafrou.

Plus loin, à 2 kilomètres à l'ouest de Fedala et à une vingtaine de kilomètres de Casablanca, la route franchit l'oued El-Kantra sur un vieux pont délabré. Cette rivière, longue de 120 kilomètres environ, naît dans les montagnes des Beni-Khiran, à une altitude d'environ 900 mètres, et, après avoir longé les crêtes rocheuses de Sokhrat-ed-Djeja vers le sud, se dirige au nord-nord-ouest en suivant la base du versant occidental des montagnes de l'Achach. Elle prend successivement les noms d'oued En-Nedja, d'oued Zabern, d'oued El-Mellah et d'oued El-Kantra, et se jette dans la mer à l'ouest du cap Fedala. Elle reçoit de nombreux tributaires, dont les principaux sont: à droite, l'oued El-Atich; à gauche, l'oued El-Haçar. Ce dernier, dont le cours supérieur semble être l'oued Zéou, qui prend sa source près des ruines de Dar Si Cherki, suit, à un niveau plus élevé, une direction parallèle à celle de l'oued El-Kantra, puis, formant la chute d'une vingtaine de mètres d'El-Mizab, se précipite dans une petite vallée latérale, s'ouvrant dans celle de l'oued El-Kantra à 7 kilomètres de la côte.

Toutes ces rivières: Ykem, Cherrat, Bou-Znika, Neffifikh et oued El-Kantra, présentent certains caractères communs. Elles naissent toutes dans le pays accidenté qui fait suite, à l'est, à la zone des terrasses et suivent toutes une direction générale S. S. E.-N. N.-O. Minces filets d'eau en été, elles se transforment en torrents impétueux pendant les pluies. Leurs vallées sont étroites et profondes, et leurs embouchures sont toutes plus ou moins ensablées.

Vient ensuite le ruisseau de Casablanca, qui se jette dans une petite crique rocheuse, à l'est de la ville. Sa source principale se trouve au sud-est et à 5 kilomètres environ de son embouchure. Il coule d'abord à l'ouest, jusqu'à sa réunion à l'oued Bou-Zkoura, puis au nord-est. L'oued Bou-Zkoura, beaucoup plus long que lui, est à sec pendant la majeure partie de l'année. Sa source se trouve à 16 kilomètres, environ, au sud du confluent, au pied du versant septentrional de la dernière côte du Sahel.

Au delà de Casablanca, les cours d'eau se font de plus en plus rares. Entre cette ville et le Morbêa, nous n'en avons relevé que trois, dont l'oued Ouled Jerar et l'oued El-Houera. Ce ne sont que de petits ruisseaux appartenant exclusivement au Sahel.

Nous arrivons au Morbêa (Oum Er-Rebia), au grand fleuve de la région, l'une des plus importantes — sinon la plus importante — des artères du Maroc[1].

Le Morbêa prend sa source dans le Djebel Ayan, près du point d'intersection du 33° de latitude N. et du 7° de longitude O. de Paris, où naissent également la Moulouia et le Sebou. Il a une longueur totale d'environ 350 kilomètres, qui peut se diviser en deux sections : un cours supérieur, de 200 kilomètres, depuis la source jusqu'au point où le fleuve s'engage dans la région des terrasses, et un cours inférieur, de 150 kilomètres, depuis ce point jusqu'à la mer.

Le cours supérieur est relativement peu connu. Il descend du Djebel Ayan dans le haut plateau subatlantique, qu'il parcourt à l'ouest-sud-ouest, puis à l'ouest. Il reçoit un grand nombre de tributaires, surtout de gauche, dont les plus importants, l'oued Al-Abid et le Teçaout, lui viennent du Grand Etlas.

C'est à son confluent avec ce dernier qu'il entre dans la région des terrasses et dans le cadre de notre carte. Sa vallée, large jusque-là, devient étroite et va en se rétrécissant de plus en plus. Après une trentaine de kilomètres, venant se heurter au Djebel Kharro, il oblique vers le nord-ouest et parcourt ainsi la terrasse supérieure dans une vallée profondément encaissée. A Boulâouan, arrivé au bord septentrional de la terrasse (fig. 7), il descend par une série de rapides à l'étage inférieur. Puis il se dirige au nord, décrivant d'innombrables méandres dans une vallée toujours profonde et étroite. Au delà de S[t] Saïd Ben-Maâchou, il reprend sa direction vers le nord-ouest. Sa vallée sinueuse s'élargit par moments, puis s'aplanit subitement à Azemmour. Le fleuve passe au pied des murs de la ville, édifiée sur sa rive gauche, et

[1] Voir: *La Géographie*, ma 1902.

se jette dans la mer 4 kilomètres plus loin. Son embouchure, comme celle du Bou-Regreg, est obstruée et rendue impraticable par une barre de sable.

Le cours inférieur du Morbêa ne reçoit que des tributaires peu importants, presque tous desséchés en été. Ce sont, à droite : l'oued Giser renforcé par les eaux d'Aïn Tmasin, la source de Dar Ould Tounsa; l'oued Tahachit, l'oued Hanina, l'oued Bris, identique probablement à l'oued Bou Mousa qui, venant des ruines de Dar Si Ahmed Bou-Azouz, passe par Settat, puis suit la base du talus de la terrasse supérieure vers le Morbêa ; l'oued Et-Targa, l'oued Bou-Nkheïla, l'oued Tiourghat, l'oued Er-Rouidat et l'oued El-Ksiba. Les affluents de gauche, au moins ceux de la région côtière et de la terrasse inférieure, se réduisent à quelques *chaâb* et ruisselets sans importance. Nous ne connaissons pas la rive gauche du Morbêa en amont de Boulâouan. Quant à l'oued Gaïno, qui, d'après Crema, prend sa source à l'extrémité orientale des Djebilat, s'il atteint le Morbêa, ce doit être à l'est du Djebel Kharro.

Aucun pont ne franchit le cours inférieur du Morbêa. Des bacs n'existent qu'à Azemmour, où passe la route côtière, et à Ma Ben-Khallou, où la route de Rabat et de Casablanca à Marrakech croise le fleuve. Partout ailleurs, le passage se fait à gué ou au moyen d'une madia, radeau composé de quelques outres gonflées, de quelques bâtons et de cordages en feuilles de palmier nain. Il existe une trentaine de ces passages entre l'embouchure du Teçaout et la mer.

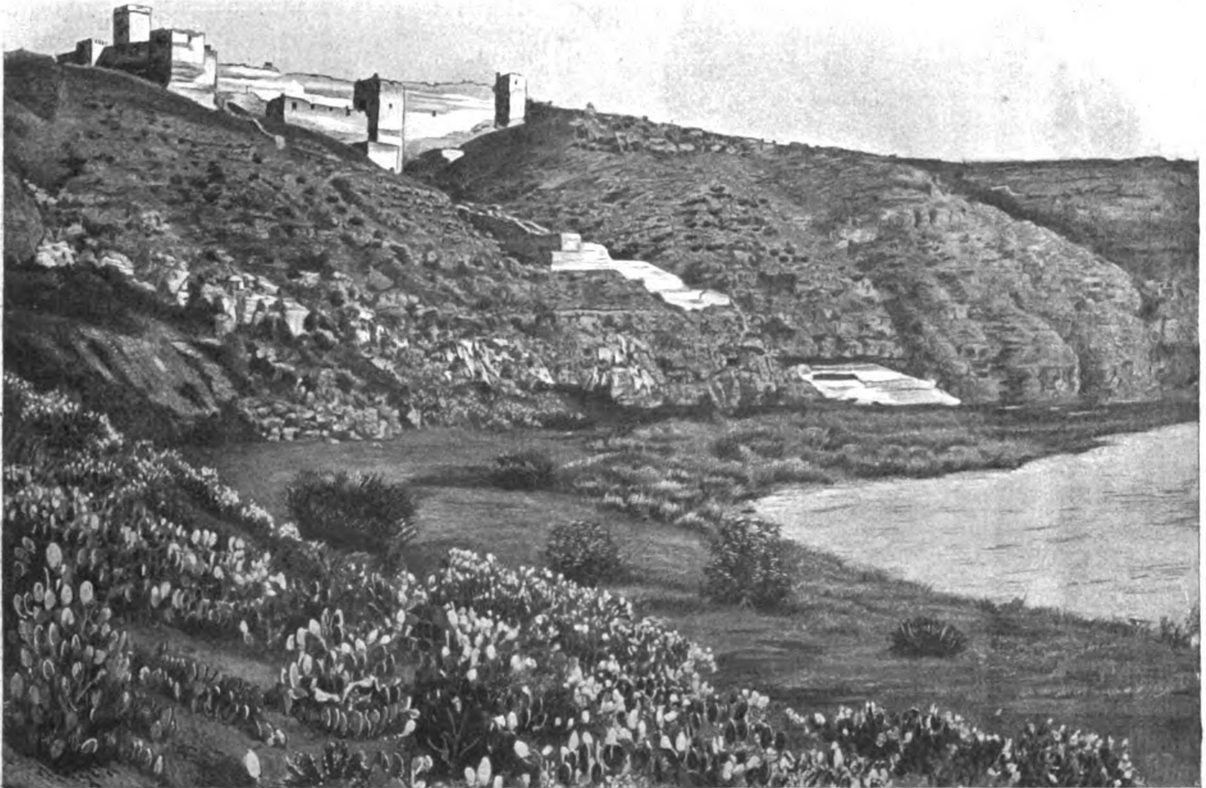


Fig. 7. — *Arête rocheuse et château de Boulaouan.*

Voici quelques-uns des principaux :

	Largeur du fleuve	Altitude
Bab Ej-Jiaf, bac d'Azemmour	200	»
Ma Mhéoula, gué et madia	80	27
Ma St M'barck, — —	60	56
Ma Es-Sefsafa, — —	50	74
Ma El-Kerma, — —	50	114
Ma Ech-Chaïr, — —	60	174
Ma El-Khalifa	70	252
Ma Bou-Hassina	»	»
Ma St Ali Ben En-Nouiti	60	276
Ma Ben Khallou, bac et gué	70	»

La pente moyenne de la vallée inférieure du Morbêa, en ne tenant pas compte de ses méandres, est de plus de 2 mètres par kilomètre. Le fleuve est donc très rapide ; nous le croyons cependant

navigable, au moins pendant une bonne partie de l'année. Aucune chute, aucun seuil infranchissable ne barre son cours; et la profondeur des eaux, même aux gués réputés les plus faciles, serait suffisante pour des embarcations d'un faible tirant d'eau.

Du Morbêa au Tensift, c'est-à-dire pendant près de 200 kilomètres, la route côtière ne traverse aucun cours d'eau digne d'être mentionné. On n'y trouve que des gouttières creusées par les pluies et quelques sources sur le littoral même.

Le Tensift, dont le cours moyen figure sur notre carte, prend sa source dans le Grand-Atlas, au sud-est de Marrakech. Sa longueur totale est d'environ 240 kilomètres. Son cours supérieur, l'oued Redat, coule au nord-nord-ouest pendant 50 à 60 kilomètres, puis, sorti des avant-monts de l'Atlas, il prend le nom de Tensift et se dirige à l'ouest en longeant la base méridionale du Bou Kerkour et du Bremran, puis de l'aile occidentale des Djebilat. Près de S[t] Chiker, à 80 kilomètres environ de son embouchure, le Tensift quitte le haut plateau et pénètre dans la région des terrasses, qu'il parcourt en une vallée profonde et sinueuse vers l'ouest-nord-ouest. A l'exception du ruisseau de Ras El-Aïn et de quelques *chaâb*, dont la plus importante semble être l'oued Séous (?) dont le sillon sépare le Bou-Kerkour et le Bremran des Djebilat, le Tensift reçoit tous ses affluents du sud. Ce sont, de l'est à l'ouest : l'oued El-Hadjar, l'oued Louidat (?) l'oued M'sfioua, l'oued El-Mellah, l'oued Ourika, l'oued Issil, l'oued Nfis, l'oued Ratmü (?), l'oued Boulakhres (ou Bou El-Kherras), l'oued Chechaoua (fig. 8) et l'oued Mramer. D'après M. Fischer, le Tensift se trouve à environ 630 mètres d'altitude au point de son changement de direction vers l'ouest, à 440 mètres au grand pont qui le franchit au nord de Marrakech et à 250 mètres près de S[t] Chiker. Sa pente est donc de 4 mètres par kilomètre dans le haut plateau subatlantique et de 3 mètres dans la région des terrasses et du sahel. Son embouchure, à 32 ou 33 kilomètres au sud de Safi, est bloquée par une barre guéable à marée basse pendant presque toute l'année. Un autre passage important se trouve 3 ou 4 kilomètres plus haut, en face de Z[at] R'tnana, un troisième, à S[t] Aïssa Bou-Khabia, à 16 kilomètres environ de la côte. Tous ces gués présentent souvent des difficultés considérables au moment des hautes eaux de l'hiver et des crues qui suivent la fonte des neiges de l'Atlas en mai. En amont de S[t] Aïssa Bou Khabia, les gués sont nombreux et généralement faciles.



Fig. 8. — Falaise de la rive gauche de l'oued Chechaoua près de son embouchure dans le Tensift.

A ces cours d'eau, nous devons en ajouter quelques autres, qui naissent dans la terrasse supérieure, d'où ils descendent dans la terrasse inférieure pour s'y perdre après un trajet plus ou moins long.

A l'est du Morbêa, ce sont l'oued Mils et ses affluents, le ruisseau d'Aïn El-Fert et quelques autres plus petits.

A l'ouest du Morbêa, nous avons relevé quelques ruisseaux semblables, dont celui de M'tal et l'oued Fargh, qui semblent descendre des flancs du Dj. Akhdar.

Le plus important de ces cours d'eau est l'oued Bou-Chan. Il descend de la Gâda S[t] Bou-Yahia dans la dépression de la terrasse supérieure signalée plus haut, puis décrit une courbe vers le nord-ouest et descend dans la terrasse inférieure par la trouée entre le Dj. Fathnassa et les collines d'El-Mouisat. Il court ensuite par le nord au nord-est et semble aboutir à un bassin situé à quelques kilomètres vers l'ouest de Dar Bel-Mahdi. Ce bassin, dont nous n'avons aperçu que les talus, de 3 à 4 kilomètres de distance, nous a été désigné par les indigènes sous le nom d'Ouerar. L'oued Bou-Chan est une *chaâba*. Quand nous le traversâmes avec la *m'halla* (fig. 9) en mars 1898, après les fortes pluies des journées précédentes, il charriait un volume d'eau considérable. Trois mois après, nous le trouvâmes absolument à sec. Son lit

sablonneux, creusé presque au ras de la plaine, y avait 15 à 20 mètres de largeur et environ 1 mètre de profondeur. Dans la terrasse inférieure, sa largeur n'est plus que de 8 à 10 mètres. Nous l'y avons trouvé complètement desséché en mars 1901. Mentionnons encore l'oued Grando et l'oued Smira, affluents du Bou-Chan, qui semblent alimentés par des sources.

§ 3. — **Bassins lacustres.**

Dans le sahel et dans la terrasse inférieure, nous avons relevé un assez grand nombre d'étangs (*daya*), dont les plus étendus nous ont semblé être ceux de Deïdia et de Sid El-Hattab. Ce ne sont que des dépressions peu profondes, circulaires ou ovales, qui recueillent les pluies et se dessèchent plus ou moins complètement en été.

Les marécages (*merdja*) que l'on trouve près de la côte, à l'est et à l'ouest de Casablanca notamment, sont alimentés par des sources et les pluies, quelques-uns par l'irruption de la mer pendant des marées exceptionnelles.



Fig. 9. — *Campement de la m'halla.*

Nous avons mentionné déjà les lagunes de l'Ykem et du Cherrat et celles de l'Oûlja, à l'ouest du cap Blanc. Il y en a d'autres le long du littoral rocheux entre l'Ykem et Rabat.

Dans toute la terrasse supérieure, nous ne connaissons qu'un seul bassin lacustre, le plus étendu de toute la région. C'est le lac salé (*sebkha*) de Zyma, bassin sans écoulement de 3 à 4 kilomètres de longueur, de 1 à 2 kilomètres de largeur et orienté du sud-est au nord-ouest. Suivant les indigènes, il est alimenté par des sources qui jaillissent de son fond même. Son eau est une solution saturée de chlorure de sodium. Le sel se dépose et ne demande qu'à être ramassé et emporté. Une charge d'âne se paye 25 centimes et une charge de chameau 50 centimes. En été, il se forme à la surface une croûte solide et épaisse, au-dessous de laquelle s'amasse une nappe d'eau provenant des sources du fond et protégée de l'évaporation par la cuirasse qui la recouvre.

III. — Géologie.

Le noyau du *vorland* de l'Atlas est formé par des terrains schisteux paléozoïques, dont les strates redressées, souvent presque verticalement, témoignent de perturbations puissantes à une époque géologique reculée. Ces terrains rocheux ne seraient, d'après M. Th. Fischer, que les assises d'un massif montagneux plus ancien que l'Atlas même. La mer qui les a usés y a déposé des bancs puissants de terrains plus récents, qui ont conservé leur position horizontale. Ceux-ci, usés à leur tour par l'eau et le vent, ont laissé reparaître à leur surface les parties culminantes des roches anciennes, celles qui avaient le mieux résisté à l'érosion marine. Ces affleurements, nous les trouvons, sous forme de montagnes et de crêtes déchiquetées, émergeant du plateau des sédiments récents ou de déserts rocheux au ras de la plaine. Nous les trouvons encore dans les vallées et les ravins, où ils ont été mis à nu par l'érosion puissante des cours d'eau. Ils forment le massif des Djebilat, du Bou-Kerkour et du Bremran, les montagnes des Rahamna, la côte d'El-Gentour et le sous-sol du plateau d'El-Bheïra qui relie toutes ces montagnes et en fait une grande île triangulaire s'étendant, au nord, jusqu'à la limite septentrionale du haut plateau subatlantique, au sud, jusqu'au Tensift et, à l'est, jusqu'à la plaine des Sraghna.

Dans le haut plateau subatlantique, la roche ancienne reparaît encore dans le Dj. Gilis, les Koudiat Ardhouz, les affleurements signalés par M. Fischer près de l'oued Boulakhres et sur la rive droite du Teçaout et dans la petite chaîne rocheuse traversée par Lenz et Crema entre le Morbêa et Dar Allal Cherkaoui.

Dans les terrasses et au sahel, on trouve des roches anciennes entre le lac Zyma et le Tensift et probablement au Dj. Ighout, puis au Dj. Fathnassa et dans le défilé de M'tal, au Dj. Akhdar et au Dj. Kharro, dans la vallée du Morbêa et de ses affluents et dans celles de l'oued El-Kantra, du Neffifikh, du

Bou-Znika, du Cherrat et de l'Ykem. Elles forment une série d'arêtes et de plateaux rocheux disposés en une large bande orientée du nord-nord-est au sud-sud-ouest, entre la côte près de Casablanca et le Morbêa près de Boulâouan. Les rochers de Skhirat (près de la kasba de ce nom), ceux de Deïdia (sur la rive gauche du Bou-Znika) et ceux d'Aïn Setti Meriem (au pied de M'gartou) appartiennent également aux terrains anciens. Quant à la crête rocheuse de Sokhrat ed-Djeja, ainsi que nous l'avons fait observer plus haut, elle semble appartenir à une branche du Moyen Atlas.

On remarquera que, dans la région que nous considérons comme faisant partie du haut plateau subatlantique, les terrains anciens occupent un espace bien plus étendu que dans les terrasses et le sahel. C'est que là, au moins dans la partie du plateau dont nous nous occupons — il n'en est pas de même à l'ouest de l'oued Chechaoua — les terrains crétacés (?) et tertiaires semblent avoir été emportés par les nombreux cours d'eau qui descendent de l'Atlas et remplacés par des dépôts plus récents et encore relativement peu puissants de sédiments diluviens et post-diluviens. M. Th. Fischer insiste sur la faible profondeur à laquelle on trouve les couches imperméables dans la plaine de Marrakech : si le dattier y prospère sans irrigation artificielle, c'est que ses racines atteignent la nappe d'eau souterraine.

On remarquera aussi que les affleurements de terrains anciens, quoique beaucoup moins élevés que ceux du Dj. Akhdar et du Dj. Kharro, sont bien plus nombreux à l'est du Morbêa qu'à l'ouest. Les couches horizontales récentes y sont moins épaisses : les puits y sont nombreux et peu profonds (6 à 10 mètres en moyenne; ce n'est qu'au sud du Dj. Ftatin, à K^{at} Beni Meskin, que nous en avons trouvé un de 30 à 40 mètres.)

A l'ouest du Morbêa, ainsi que le fait remarquer M. Doutté, les puits ont communément de 15 à 30 mètres de profondeur. Le capitaine Fawcett dit qu'il n'es pas rare d'en voir atteindre 90 mètres (nous en avons vu un de cette profondeur à Dar Msaddek), et la carte de M. de Flotte-Roquevaire en porte un de 110 mètres à Dar Bel-Mahdi. Aussi y sont-ils relativement rares : ils sont souvent remplacés par des citernes creusées dans des plis du terrain, de façon à recueillir l'eau de pluie qui découle des pentes. Les couches imperméables se trouvent à une profondeur moins considérable dans le pays d'Ahmar et notamment dans la dépression de Smira.

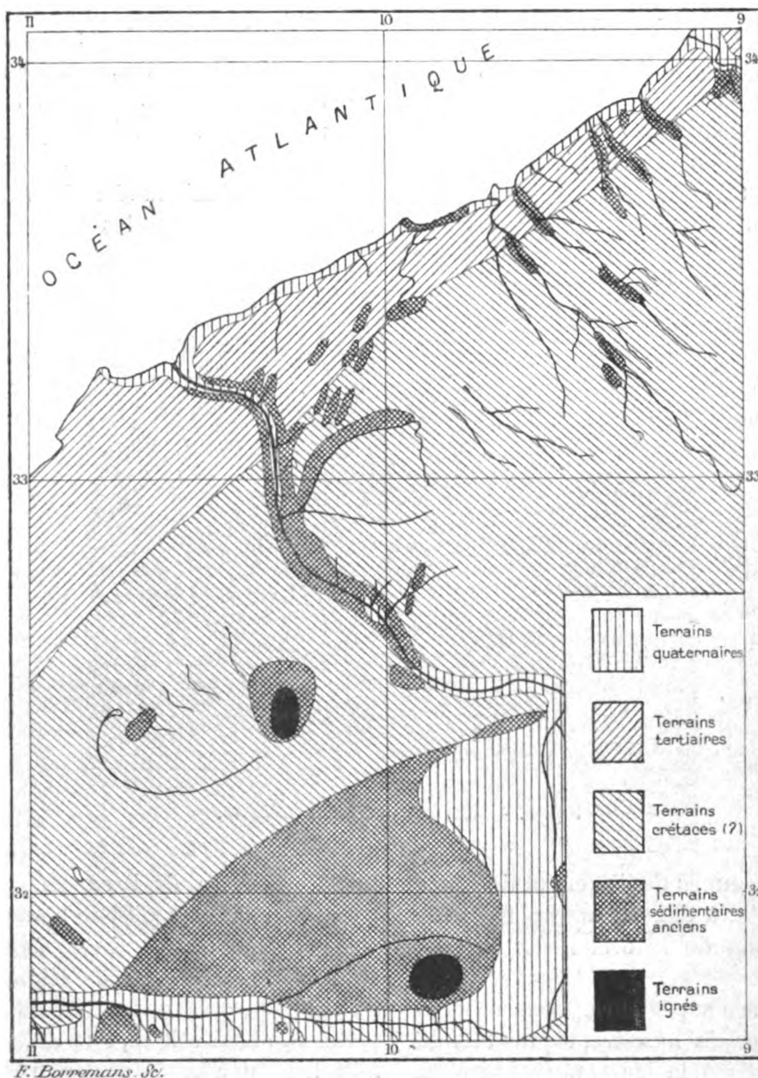


Fig. 10. — *Carte géologique de la région représentée par la figure 1.*

Voyons maintenant les données géologiques que nous possédons sur les différentes zones du *vorland.*

§ 1. — **La Côte**

Ce sont surtout des formations modernes qui constituent la ligne côtière : des sables meubles et des sables agglutinés. Ceux-ci forment des bancs horizontaux de grès calcaire gris ou jaunâtre, contenant des débris de coquilles appartenant à des espèces encore existantes. Maw signale de ces bancs

de 20 mètres d'épaisseur à Tanger, à Safi et à Mogador. M. Fischer, qui les a étudiés à Rabat, émet l'opinion que la transformation très active des dunes en grès calcaires doit être surtout attribuée à la quantité de matière agglutinante, c'est-à-dire de carbonate de chaux, contenue dans les eaux du Bou-Regreg et, par conséquent, dans la mer près de son embouchure. Cela nous explique la grande place que tiennent les grès calcaires entre Rabat et Casablanca, où les cours d'eau sont très nombreux, et la petite place qu'ils tiennent entre Casablanca et le Morbêa, le long d'une partie de la côte où l'on ne trouve que de rares et insignifiants ruisseaux.

Les terrains anciens atteignent la côte en plusieurs points. Von Fritsch signale, entre Fedala et Casablanca, « des schistes anciens et des schistes à grauwacke dirigés presque exactement nord-sud, avec un pendage de 35° vers l'ouest, et qui sont riches par places en feuillets de mica ». D'après Lenz, on y trouve aussi des quartzites mis à nu par l'érosion. A Casablanca, des couches peu puissantes de formation moderne, un aggloméral jaunâtre de grains et de petits galets quartzeux, reposent sur des couches redressées de grès rouge schisteux ancien (Fischer). Ces couches, orientées au N.20°E., font à Casablanca une frange rocheuse plissée, large de 100 à 150 mètres à marée basse et en grande partie recouverte à marée haute, où s'ouvre un petit havre qui sert de port aux chalands. Au promontoire d'El-Ank, les roches anciennes s'avancent dans la mer sous forme de récifs et d'écueils.



Fig. 11. — *Le Djerf el Ihoudy.*

La formation de terrains nouveaux ne fournit pas une explication suffisante de certains phénomènes que l'on observe sur la côte du Maroc. Le cours ralenti des rivières près de leur embouchure, l'ensablement progressif de celles-ci, la formation de lagunes, l'élévation des terrains quaternaires au-dessus du niveau de la mer, la distance de la côte à laquelle on trouve d'anciennes falaises, sont autant de preuves d'un soulèvement du littoral à une époque géologique récente. Entre l'Ykem et Rabat, à 2 ou 300 mètres de la mer, on trouve des bancs calcaires horizontaux portant des traces évidentes de l'action des vagues. Au sud du cap Blanc, l'ancienne falaise est aujourd'hui séparée de la mer par l'Oùlja, dont les lagunes attestent l'origine. Et dans le nord du Maroc, en allant d'Azila à Tétouan, nous avons trouvé, à 12 kilomètres de la côte, sur les bords du Merdj el-Kmar, des roches creusées et polies, absolument pareilles à celles que l'on trouve sur la côte actuelle à Azila.

A ces preuves géologiques viennent s'en ajouter d'autres, historiques, qui nous permettent de penser que le soulèvement s'est poursuivi jusqu'aux temps modernes. C'est ainsi que les anciennes colonies phéniciennes de Lixus, près de Larache, et de Sala (Chella), près de Rabat, se trouvent aujourd'hui à plusieurs kilomètres des embouchures du Lekkous et du Bou-Regreg. A Casablanca, au cours de travaux de terrassement, on a trouvé une vieille ancre dans l'intérieur de la ville; et, à Mazagan, l'ancienne porte de la marine a été supprimée parce qu'elle ne donne plus accès à la mer.

Ce n'est que dans les derniers temps que la mer semble reprendre le dessus. M. Fischer signale l'effet des vagues sur les formations quaternaires : les crevasses, les marmites de géants observées à Rabat, à Casablanca et à Mogador.

§ 2. — **Le Sahel.**

On trouve dans le sahel des terrains presque entièrement sableux (*rmel*), des terres végétales gréseuses (*bled m'remla*), des terres argileuses rouges (*hamri*) et des îlots de terre noirâtre (*bled m'tirsa*) s'approchant du *tirs* que nous trouverons plus loin, dans la région des terrasses. La couche de terre végétale y est généralement peu profonde, et en beaucoup d'endroits on trouve le squelette

rocheux à nu (*m'kart*). Ailleurs, de vastes terrains sont couverts de ses débris (*bled harcha*). Le sous-sol est formé presque partout de bancs calcaires horizontaux. Lenz et Fischer les signalent à l'est du Morbêa; Badia et d'autres, à l'ouest de ce fleuve. Nous les avons vus souvent crevassés ou creusés de trous ronds ou de formes irrégulières. A la hauteur du cap Cantin, ces trous sont si nombreux qu'ils entravent sérieusement la marche; ils ne sont séparés par endroits que par des arêtes minces et tranchantes : on dirait marcher sur des pots de fleurs à moitié enfouis. Thomson, qui a traversé le sahel plus au sud, en allant de Safi à Marrakech, regarde sa configuration comme le résultat de l'érosion marine et le considère comme un fond de mer tertiaire soulevé qui atteint l'océan avec les rochers du Dj. El-Ihoudy (fig. 11 et 12).


Fig. 12. — *Le Djert el Ihoudy.*

Les affleurements de terrains anciens ne sont pas très nombreux dans le sahel. Nous avons cité plus haut les arêtes rocheuses de Skhirat et de Deïdia et les couches schisteuses mises à nu par l'érosion dans les vallées des cours d'eau. Dans celle du Morbêa, nous avons trouvé des alluvions, des agglomérats de galets, des grès, des schistes. Au sud de Casablanca, dans les dernières côtes du sahel, M. Fischer mentionne des couches redressées de grès calcaires et argileux; et sur les routes de Dar Ber-Rachid à Azemmour et à Dar Ould El-Haj Kaçem, à l'ouest du 10e de longitude, nous avons trouvé plusieurs affleurements de terrains anciens dont les strates redressées sont orientées du nord-nord-est au sud-sud-ouest.

Quant aux richesses minérales du sahel, comme de celles du Maroc en général, nous n'en savons que fort peu de chose. Il y a des terrains ferrugineux, autrefois exploités, sur les bords du Neffifikh, à une quinzaine de kilomètres de son embouchure. Non loin de là, paraît-il, on trouverait aussi des minerais de cuivre. A la chute de l'oued El-Haçar, au pied des bancs horizontaux puissants de grès rouge reposant sur des couches calcaires, on trouve des excavations avec des stalactites et des dépôts de terre à foulon.

§ 3. — **La Terrasse inférieure**

C'est par excellence la région du *tirs*. « Ce mot — dit M. Doutté — sert à désigner, dans l'Afrique du Nord, les terres argileuses qui se crevassent en se desséchant. » C'est une terre brune ou noire, très ténue, capable d'emmagasiner une grande quantité d'eau et d'une fécondité remarquable. M. Fischer considère le *tirs* comme une formation éolienne dont la coloration est due aux matières organiques qu'elle contient : un dépôt de poussières enlevées par le vent aux steppes arides de l'intérieur et retenues dans cette zone voisine de la mer par l'humidité du sol. La couche de *tirs* n'est pas toute unie. On y trouve, principalement au sommet des ondulations du sol, des îlots de terrains semblables à ceux du sahel; et des deux côtés du Morbêa, où la terrasse s'incline vers le fleuve et où, par conséquent, les éléments légers du tirs sont facilement entraînés par les eaux, on ne trouve guère que des terrains gréseux et pierreux. Le *tirs* s'arrête aussi à une certaine distance, par places à plusieurs kilomètres, du talus de l'étage supérieur.

Dans la terrasse inférieure, surtout dans les Doukkala, la couche de terre végétale est généralement plus profonde qu'au sahel, et l'on y rencontre moins souvent le sous-sol rocheux à nu. Ici encore, ce sont des couches calcaires horizontales (crétacées ?), quelquefois dures et résistantes, mais plus souvent tendres et friables. Les terrains pierreux n'y sont pas aussi fréquents qu'au sahel, et, dans la région du *tirs* proprement dit, on peut parcourir des kilomètres sans voir une seule pierre.

Quant aux terrains anciens, nous n'en connaissons aucun affleurement à l'ouest du Morbêa. A l'est du fleuve, nous avons trouvé des débris schisteux sur la rive droite de l'ouest Bris et dans la vallée du Bou-Nkheïla. A Sokhrat el-Mgron, nous avons vu la vallée de l'oued Et-Targa barrée par une énorme lame de quartzite dirigée du N.10°E. au S.10°O., légèrement inclinée vers l'ouest et trouée d'une brèche d'une vingtaine de mètres de largeur par laquelle s'échappe le ruisseau. On trouve plusieurs crêtes rocheuses parallèles, orientées du nord-nord-est au sud-sud-ouest, près de Souk El-Jamâ et des affleurements de couches anciennes près de Sid El-Hattab. M. Fischer signale des grès argileux et calcaires redressés dans la vallée de l'oued Bou-Mousa, entre K^at Ouled Saïd et Dar Ber-Rechid, des conglomérats, des grès et des schistes dans la vallée du Tensift. On trouve les mêmes terrains dans celle du Morbêa.

§ 4. — La Terrasse supérieure.

Le *tirs* ne s'y trouve plus qu'à l'est du Morbêa, dans les Chaouïa, où, alternant avec des terres argileuses et gréseuses, il forme encore une portion considérable du sol, jusqu'à 80 ou 90 kilomètres de la côte. Plus loin, le terrain se couvre de débris calcaires et devient de plus en plus aride, jusqu'à ne plus être qu'un vaste désert pierreux au sud du Djebel Ftatin. A l'ouest du Morbêa, nous ne savons que fort peu de choses concernant la région voisine du fleuve. Lemprière, qui l'a parcourue en se rendant de Marrakech à la côte par K^t Boulâouan, la décrit seulement comme une série ininterrompue de landes sauvages et incultes. Entre le Dj. Fathnassa et la côte d'El-Gentour, nous avons trouvé des terrains sableux et argileux stériles. Plus loin, entre le lac Zyma et les montagnes des Rahamna, on trouve des terres rouges, très fertiles lorsque les pluies tombent en abondance et au moment opportun (Beaumier).

Le talus qui sépare les deux terrasses est généralement pierreux ou rocheux. Lenz mentionne des bancs calcaires horizontaux dans les collines de Settat, c'est-à-dire à l'entrée de la terrasse supérieure, qu'il regarde comme le reste d'un plateau érodé qui s'étendait autrefois jusqu'à la mer. En effet, les monticules coniques ou tabulaires que l'on trouve en avant de ses bords : M'gartou, S^i Nader ou Nouider, d'autres sur les bords du Morbêa et du Tensift, et les hauteurs composées de couches calcaires horizontales franchies par M. Fischer dans l'angle du Morbêa et du Teçaout, sont autant de témoins d'une extension autrefois plus considérable, tant au nord qu'au sud. On trouve encore les bancs calcaires à nu en plusieurs points de la terrasse supérieure, notamment à Giser et au sud de K^t Beni Meskin, où ils sont fortement érodés. Les parois de la vallée du Morbêa, en aval de sa réunion au Teçaout et jusqu'au delà de M^a El-Khalifa, sont formées de couches horizontales de grès et de conglomérats ; plus loin, de strates gréseuses et argileuses plissées sur lesquelles reposent d'épaisses couches calcaires (Fischer). A Mª Ech-Chaïr, le fleuve coule dans des formations récentes, puis pénètre dans une vallée profondément encaissée, aux pentes abruptes de grès et de schistes argileux et de grauwacke. Ces roches sont dénudées jusqu'à une distance assez considérable du fleuve et se retrouvent dans les vallons latéraux, par exemple près de Dar Ould Tounsa.

Le Djebel Kharro n'a pas été visité ; mais l'aspect déchiqueté de la crête qui forme son sommet indique suffisamment qu'il est composé de couches redressées anciennes. Quant au Djebel Akhdar, les données que nous possédons sur sa constitution géologique datent d'un siècle. A son entrée dans la terrasse supérieure (probablement par la vallée de l'oued Fargh), Ali Bey trouva le sol composé de sable quartzeux et de feldspath rouge-brique, d'où il conclut que la montagne voisine, le Dj. Akhdar, doit être granitique. Plus loin, sur le flanc même de la montagne, il trouva des schistes argileux, puis, sur le versant méridional et assez loin vers le sud, du granite au feldspath kaolinisé par la dénudation. — On rencontre des schistes dans le défilé de M'tal, des roches gypseuses au nord du lac Zyma et dans les collines d'El-Mouisat et des affleurements de grauwacke entre le lac Zyma et le Tensift. Le sous-sol des terres rouges d'Ahmar est formé de grès rouge.

§ 5. — Le haut plateau subatlantique.

Nous avons mentionné plus haut l'étendue considérable des formations anciennes dans la partie du haut plateau dont nous nous occupons. Les montagnes des Rahamna sont composées de schistes argileux redressés presque verticalement et orientés du sud-sud-ouest au nord-nord-est (Thomson). La côte d'El-Gentour est formée de la même roche ; et la petite chaîne franchie par Lenz, au sud du Morbêa et à l'ouest du Teçaout, est composée de schistes argileux verticaux bleu clair, avec des intercalations de quartzites blancs et de calcaires cristallins. — Le sous-sol de la plaine d'El-Bheïra est formé de schistes argileux anciens. Sa surface, parfois sableuse, est parsemée de débris schisteux et de morceaux de quartz cristallin avec des agates (Washington). — La partie centrale des Djebilat est composée de micaschistes et de schistes argileux avec de nombreuses et puissantes veines de quartz (Badia, Washington, Fischer). — Dans le Dj. Minjel, Lenz trouva des schistes argileux, des

quartzites, des grès ; et dans la plaine à l'est de cette montagne, sur la rive droite du Teçaout, Fischer mentionne des couches redressées de grès rouge ancien. — Dans le Dj. Bou-Kerkour, Lenz relève, du nord au sud : des pics isolés de basalte noir, une série de collines plates de granite blanc et des couches de schistes sableux neutres colorés de rouge sombre ou de noir. — Crema mentionne les puissantes masses de granite du Bou-Kerkour. Entre celui-ci et le Dj. Bremran, du pont du Tensift au défilé de Souinia, s'étend une plaine dont la constitution géologique est la même que celle des Djebilat (Fischer). Le Dj. Bremran est composé des mêmes roches. M. Fischer signale encore des affleurements de terrains analogues : schistes argileux, grauwacke et intercalations quartzeuses au sud du Tensift, à l'ouest de l'oued Boulakhres. — Les Koudiat Ardhouz sont composées de blocs puissants de calcaire corallien paléozoïque (von Fritsch) ; et Hodgkin y trouva du marbre brun. — Enfin, le Dj. Gilis est formé de deux rangées de collines rocheuses de 2 kilomètres de longueur et dirigées du sud-ouest au nord-est, dont la plus orientale est composée de bancs très redressés d'un calcaire gris-bleu très dur (Fischer). Von Fritsch y avait trouvé un calcaire sans fossiles et des schistes argileux sombres.

Quant aux vastes plaines qui s'étendent au sud et à l'est du grand massif schisteux, les plateaux de Marrakech et de Sraghna, leur sol est formé de dépôts détritiques sans cesse accumulés et renouvelés par les nombreux torrents qui descendent de l'Atlas. On y rencontre des débris roulés de toutes les roches de la haute chaîne et de ses avant-monts : galets et graviers granitiques, schisteux, gréseux, calcaires, et des terrains sableux, argileux, calcaires, produits de leur trituration. Souvent on trouve ces éléments agglomérés et recouverts d'une carapace dure et plus ou moins épaisse de tuf calcaire. Ailleurs, ce sont des fragments anguleux de ce tuf qui couvrent la plaine.

Maw explique la formation de la croûte tufacée par les fortes chaleurs succédant à des pluies violentes : l'eau s'évapore rapidement, et le carbonate de chaux dont elle s'était chargée se dépose. C'est à un phénomène analogue que M. Fischer attribue la transformation des sables en grès calcaire à la côte : ici ce sont les débris coquilliers et les cours d'eau qui fournissent la matière agglutinante ; là, ce sont les détritus calcaires.

Dr F. Weisgerber.

REVUE ANNUELLE DE CHIMIE PURE

Tant de récoltes scientifiques de premier ordre ont été faites dans ces dernières années qu'il semble que les laboratoires en soient momentanément épuisés. Le passé est bien connu, il ne peut toujours être répété, et peut-être vaut-il mieux, cette fois, ne pas recueillir les innombrables travaux secondaires, rester sous une bonne impression et parler des choses chimiques dans un sens moins précis, mais plus libre que de coutume. C'est la matière expérimentale de grand intérêt qui manque provisoirement. Et c'est le moment de se demander s'il n'y a pas lieu de laisser le champ scientifique en jachère pour un peu de temps, laisser s'accroître les récoltes positives et s'accorder le loisir de penser. La science ne peut constituer un état d'agitation fébrile permanent. Ce n'est qu'après l'émission d'idées non reçues, fausses peut-être, mais d'une autre façon que celles qui forment les théories du jour, qu'à chaque époque on voit surgir et s'imposer de nouveaux faits.

I. — Les Idées.

On ne peut laisser passer les premières années du xxe siècle sans rechercher à quel point la Chimie est parvenue. En écartant les idées tout à fait abstraites, nous nous trouvons en présence de trois champs d'observation : l'Énergie, la Matière et la Vie. La Chimie est plus spécialement une science de la matière ; mais les lois fondamentales que la coutume lui prête sont le plus souvent physiques. Les lois de Gay-Lussac, d'Avogadro, de Van der Waals et même des *ions* peuvent avoir une grande importance dans le domaine chimique sans en faire plus spécialement partie que la pesanteur. Il est souhaitable qu'une époque, en conservant les démonstrations acquises, se donne d'autres idées pour changer son angle de vision de la Nature.

Il n'y a qu'un petit nombre de lois simples spéciales à la Chimie, par exemple : 1° Il existe des Éléments spécifiques indestructibles ; 2° Ces éléments forment des combinaisons régies par des nombres fixes ; 3° Les éléments se substituent ; 4° Dans les substitutions compliquées, toutes les symétries possibles peuvent se réaliser. A côté de cela, on peut faire de la Physique, de la Biologie ou des applications.

La somme des travaux chimiques annuels est colossale. Il en a fallu incomparablement moins

pour faire de l'Optique et de l'Électricité des sciences calculables. Pourquoi donc en Chimie tant de travail amène-t-il si peu de progrès ? Parce que le temps se passe à remonter les affluents d'un même fleuve.

On sait maintenant qu'il existe un grand nombre de symétries pouvant se représenter par des lignes ou des assemblages de 1, 2, 3,... *n* polygones homogènes ou rendus hétérogènes par Az, O, S, etc., en toutes sortes de positions et, en outre, substitués extérieurement d'une infinité de façons. C'est dans ces séries longues et sans intérêt qu'on s'efforce de « combler une lacune ». Les questions vraiment intéressantes sont délaissées, car elles exigent trop de travail et de qualités professionnelles.

De nos jours, malgré nos idées régnantes, il est devenu impossible d'être encyclopédiste et de traiter toutes les questions avec profondeur. S'il est vrai qu'un savant doive comprendre les généralités des principales sciences et avoir une érudition suffisante, il doit surtout s'adonner expérimentalement et théoriquement à la science qu'il a choisie.

Quelles sont donc les séries de questions vraiment intéressantes en Chimie ?

Une première série ne peut être menée à bien que par des mathématiciens-physiciens. Les grandes fonctions naturelles sont liées les unes aux autres ; et, de ce côté, la Physique mathématique pourra nous dire un jour quelles formules de mouvement il convient de mettre à la place de nos formules pseudo-algébriques. On connaît un assez grand nombre d'équations calorifiques et optico-électriques; les actes qu'elles représentent affectent la matière. Si, en se propageant dans les milieux matériels, un rayon dévie, forme des spectres ou se polarise, il y a une connexité certaine entre le rayon, qu'on connaît assez bien, et la matière, pour laquelle on garde des hypothèses rituelles. Il y a intérêt à étudier les premiers contacts de l'énergie, qui se calcule, avec la matière, qu'on ignore. Et combien la Physique gagnerait à la moindre connaissance nouvelle du milieu dans lequel elle évolue ! En les prenant pour ce qu'elles valent, il serait fructueux, avec les données de notre temps, de faire sur la matière de ces hypothèses osées que ne craignaient pas Avogadro, Fresnel et Maxwell. Tout entiers à leurs travaux sur les vibrations ou les courants, ces grands esprits rendaient secondaire le milieu matériel. Les conditions de propagation physique calculable sont assez compliquées pour que d'autres hommes puissent se demander, inversément, quelles conditions doit réaliser la matière pour les admettre. Ces recherches ne sauraient moins valoir que les investigations accomplies avec succès sur l'énergie, et nous sortiraient peut-être du monde incertain des atomes et des molécules. Telle semble être la première catégorie de sujets capables de tenter les chercheurs.

Une seconde série de questions ne comprendrait que les actes auxquels doit se restreindre la Chimie ; elle exige des hommes doués et exercés spécialement pour percevoir les transformations de matière si difficiles à saisir dans des réactions complexes.

Il faudra étudier au point de vue physique et biologique la profonde spécificité des éléments, bien plutôt que les ranger dans ces séries où une impersonnalité encore vague n'apparaît que dans les plus grandes généralités.

Il en est de même en Chimie organique, où quelques groupes bien étudiés semblent donner toujours raison à la théorie. C'est pourquoi on n'étudie que les minuties de ces groupes. On a dressé, il y a cinquante ans, des séries de fonctions avec isomėries, où chaque terme, censé donner des réactions certaines, dispense de toute expérimentation fâcheuse.

Dans les alcools, par exemple, l'alcool méthylique en C^1 joue un rôle bien spécial, un peu par son rôle d'*unité*, beaucoup parce qu'étant de l'eau monométhylée, il est presque de l'eau, tandis que l'alcool oléique sera avant tout de l'huile ; chaque alcool, à tous les degrés, possède ainsi sa personnalité vis-à-vis des réactifs. Les travaux, trop rares, sur chaque terme n'ont d'autre importance que d'établir des propriétés et des limites de séries moins superficielles que celles que nous avons. Ce seraient des travaux plus utiles que la recherche du n^e dérivé d'un cycle banal.

La découverte de quelques corps nouveaux vers 1860 était indispensable pour fonder les séries; c'était de la bonne et jeune Chimie, car elle avait un but. Aujourd'hui, devant d'autres buts, cette Chimie est vieille : elle se fait vite, mais encombre les bibliothèques sans utilité.

Pour les sciences de la matière, il n'y a plus d'intérêt à déduire des conséquences de faits surabondants; mais il convient d'expérimenter matériellement en vue de la limite des séries et du rendement des réactions. Ce dernier point est tellement important qu'on ne peut plus tenir pour légitimes les équations desquelles on fait disparaître 25 ou 50 °/₀ de goudrons inconnus. On ne sait alors rien de la série des transformations ayant laissé le peu de matière sur lequel on table. Pour atteindre ces résultats, il faut compter que ce qui domine tout dans les sciences expérimentales, ce sont les outils avec lesquels on pousse les raisonnements et les choses aux limites extrêmes.

Dans le passé, la lunette de Galilée fit voir un

monde. Le microscope en montra un autre, dans lequel Pasteur put évoluer et transformer la Médecine. La balance de Lavoisier révéla les Éléments. De nos jours M. Moissan, chauffant les corps au delà des limites connues, put concevoir une Chimie sidérale. M. Amagat, réalisant des pressions inusitées, rendit claires les lois des gaz. C'est par un microscope de pesanteur et de radiations que M. Curie découvre des corps que la Chimie ne pouvait atteindre. Le froid poussé à l'extrême permet à Sir Ramsay de séparer les nouveaux gaz de l'air, et c'est un outil chimique, la phénylhydrazine, qui fait comprendre à M. Fischer la symétrie des sucres. La création des méthodes et l'outrance des forces sont les principaux moyens d'avenir en Chimie.

Il ne reste qu'une troisième série d'actes matériels accessibles à l'expérience : la Biologie. Aussi mystérieuse dans son fond que les autres, cette science est bien moins avancée. Mais l'unité de la Nature n'est pas douteuse : les états de l'énergie et de la matière développent la vie ou l'abolissent sans que nous connaissions l'organisation des tissus ni celle des courants qui les animent.

La matière et l'énergie peuvent rester seules ; ce n'est que lorsqu'elles ont acquis un certain équilibre qu'une partie de ces facteurs peut s'animer de vie.

En ce qui vit sont toutes les difficultés initiales, plus un élément nouveau : c'est un suprême état de complexité instable, dont l'importance comme masse est faible et ne se fait sentir que dans des points appropriés de l'Univers.

La Biochimie n'en est pas à de réelles synthèses ; elle peut reconstituer des corps secondaires tels que l'urée ou une graisse, mais rien qui ressemble à un albuminoïde. Cette science doit suivre simplement la marche analytique parcourue par la Chimie ordinaire pour savoir de quels groupements chimiques sont formés les tissus essentiels de la série animale. Peut-être sortira-t-il de là un moyen d'agir rationnellement sur les cellules ; après l'analyse des tissus, on connaîtra assez, sans doute, les corps qui vivent pour leur opposer des produits de synthèse du même degré de délicatesse ; on sera capable de faire, par voie chimique pure, des corps susceptibles d'agir sur la cellule normale ou ennemie, comme le font les sérums.

Au point de vue de la synthèse, il est bien douteux qu'on fasse jamais une véritable albumine se plastifiant sur celles de la vie, auxquelles une longue hérédité a donné un choix d'isoméries de structure dont on ne se fait pas d'idée.

N'oublions pas, d'ailleurs, que la Nature elle-même ne permet la vie que dans les limites les plus étroites et sur des astres éteints. Sur la Terre, nous sommes entourés de vie ; mais, malgré l'importance légitime que nous lui attribuons, ce n'est là qu'une poussière toute superficielle, alors que, dans le Globe, la matière et ses forces sont le tout, en réalité. Dans l'Univers, la proportion de vie est moindre encore, car le plus grand nombre des grandes masses cosmiques ne forment que des mondes physico-matériels. Bien peu portent *en surface* une touche de vie comme un roc une tache passagère de lichen.

L'énergie de gravitation, comme on commence à la nommer, est presque tout et constitue la matière. Un sphéroïde cosmique est d'un tel ordre de grandeur, même par rapport aux forces qu'il nous laisse voir, que ces dernières sont minimes. La vie est infiniment moins encore. Le cube d'un astre et celui de la vie qu'il porte en de rares circonstances ne se comparent pas ; je répète que l'astre peut seulement être peint de vie. Quoi qu'il en soit, on ne peut soumettre les êtres à ces expérimentations extrêmes dont il était question plus haut : le moins stable des trois facteurs universels ne peut supporter ni un frôlement de l'énergie ni un contact toxique de la matière. La vie n'est qu'un état possible dans la Nature indestructible.

Les masses matérielles ont été soupçonnées d'émettre de l'énergie à leurs dépens, bien que la Nature préfère s'immobiliser en amas pesants. Depuis la découverte du radium de Curie, on essaie de calculer ce que la matière peut perdre de son poids pour le disperser en radiations. A ces seules tentatives de calcul, on reconnaît des audaces nouvelles de l'esprit moderne.

Les nombres obtenus pour la masse transformée et le temps écoulé rappellent ceux de l'Astronomie. Malgré notre étonnement, cela est logique : dès qu'il s'agit d'actes primordiaux, la Nature reste toujours la même et dispose du Temps. L'Univers n'est qu'une chose : parmi ses formes de détail, la matière est une forme de prédilection. Nous voyons de même le palais de Grenade, dont l'apparente variété se résume en une âpre sentence uniforme, mille fois calligraphiée : Allah est Allah, et l'Alhambra est seule dans le monde.

II. — Les Livres.

Ce qu'un homme peut raisonnablement comprendre a été morcelé par l'industrie du livre. Pour beaucoup, la science ne consiste pas à expérimenter, à se poser des problèmes, mais à compiler sous diverses formes les documents passés pour alimenter la production du livre et lui conserver son aspect d'ordre simple. De longs siècles d'ignorance ont formé nos esprits et nous ne vou-

lons accepter que cette simplification, qui est l'intégration des choses complexes.

Le cercle est une de ces images qui plaisent tant qu'on n'y cherche pas la multitude des côtés d'un polygone régulier, dont le nombre dépasse l'imagination. Je ne sais s'il y a des atomes et des molécules; mais la profusion de ces mots est extrême dans ce qui s'imprime; aucune tentative ne se fait pour dire si notre vision de grandeur n'est pas due à l'accumulation de la petitesse.

Comme les livres retardent bien vite sur les progrès acquis, espérons qu'il s'en fera moins et qu'ils ne sortiront que des mains d'hommes ayant vécu la science qu'ils écrivent. Dans ces deux dernières années, il s'est produit trop peu de travaux chimiques intéressants pour que l'on puisse, dans cette Revue, préférer le remplissage méticuleux des chapitres techniques aux idées générales.

III. — Les Hommes.

Il faut bien se demander quels seront les jeunes qui, par la nature des choses, remplaceront les hommes d'aujourd'hui. Sur ce point, on peut se faire des idées consolantes. Le romantisme brillant, mais vague, a disparu. Les tout jeunes gens nous paraissent en décadence, parce qu'ils sont un monde nouveau qui rit volontiers de nos conceptions. Ils se feront avec les idées de leur temps et nous ne toucherons pas leur fond de notre passé. Les jeunes qui travaillent sont peu nombreux; mais, à les connaître, ils se montrent bien plus dégagés des théories, des préjugés et des affirmations sans contrôle. Pour eux, plus qu'autrefois, l'autorité d'un livre ou d'un homme n'est rien; l'idéal du Progrès qu'ils possèdent ne peut s'atteindre que par un travail de démonstration. S'il en est ainsi, il y aura dans la vie future moins d'érudition et de lecture — ce que je regrette — et plus de sens pratique.

Le nombre des hommes s'est tellement accru sur la Terre que tous pensent plus ou moins consciemment : *primum vivere deinde philosophari*. Les sociétés, privées de loisirs, seront autres. Elles négligeront les arts et tâcheront de vivre. La jeunesse d'aujourd'hui est peut-être aussi bien douée que celle de 1830. Dans un autre sens, elle donnera des hommes positifs et fermes, plus enclins à la mise en valeur de la Terre qu'à la solution de questions métaphysiques.

IV. — Chimie pure.

Depuis deux ans, il s'est produit si peu de travaux chimiques intéressant quelque peu la marche des sciences qu'on peut se permettre, dans cette Revue, d'étendre les idées générales tout en se trouvant fort embarrassé pour remplir des chapitres techniques.

Dans la *Zeitschrift für physikalische Chemie*, les élèves ont continué la pensée des maîtres, mais sans la transformer. Les expériences numériques ou de détail s'accumulent et je ne pense pas qu'on les lise outre mesure.

Dans toutes les sciences, se fait sentir l'existence et l'action inévitable de la petitesse. En raisonnant avec une grande impartialité sur les atomes, les particules intégrantes à forme définie des cristallographes, peut-être la Physico-chimie donnerait-elle une théorie plus vivante et plus générale de la petitesse. A ce point de vue, on sait déjà, à propos des ions et des combinaisons, combien d'invisibles traces de matière font que nos équations si justes au tableau se réalisent ou n'ont pas lieu. M. Bidet, au point de vue de la Chimie générale, s'est attaché à produire des corps purs avec cette idée que, dans un grand nombre de cas, ils sont réellement incolores. Et, de fait, bien des substances colorées sont blanches, notamment l'anthraquinone, ordinairement jaune. Ce qui est plus curieux encore, dans le domaine de la Chimie minérale, c'est que le sulfate ferreux vert et l'alun de fer violet peuvent être amenés à l'état sensiblement incolore. Quelles impuretés ou quelles conditions physiques exagèrent ainsi la couleur des corps?

C'est un paradoxe de dire que tous les composés purs sont incolores, et M. Bidet ne le prétend pas, surtout pour l'alizarine et l'indigo; mais beaucoup n'ont qu'une coloration illusoire.

L'Électricité a pris de nos jours une telle importance que la Chimie, on peut le dire, manque de bras. Ce n'est plus de la Chimie physique, mais de la Physique surtout électrique, teintée d'un peu de Chimie quand ceux qui l'écrivent ont conservé quelque souvenir de la Chimie d'autrefois.

En Chimie pure, presque autant qu'en Médecine, la variété des journaux et des ouvrages est si grande qu'en renonçant absolument au travail de recherche, c'est-à-dire de progrès, on n'arriverait pas encore « à se tenir au courant ». Bien des personnes adoptent comme métier de compiler sans cesse sur des sujets quelconques. En Chimie organique, celui qui ne peut travailler peut toujours écrire, et de tels écrits forment la substance de comparaisons et de commentaires. Il me semble que nous revenons à la Scholastique.

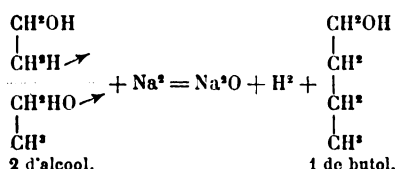
En fait d'idée nouvelle dans les temps récents, il n'est pas sans intérêt de remarquer une sorte de transformation dans la théorie du carbone asymétrique. Le cas est formel : là où il y a carbone asymétrique, il y a pouvoir rotatoire, et maintenant on se laisse dire qu'un carbone non racémisé, asy-

métrique, peut rester sans effet optique. Au fond, c'est une extension de l'idée de racémisation allant jusqu'à la théorie des équilibres chimiques.

Sans texte à commenter, je crois, depuis les travaux de Ramsay et Shields sur l'agrégation, qu'au lieu d'un nombre égal de molécules droites et gauches (racémisation), il peut se faire des agrégats contenant ces molécules racémiques, mais, en outre, des asymétriques droites ou gauches, formant des groupes plus ou moins fortement rotatoires, mais tenant place dans la liqueur, selon un coefficient qui en annule l'effet. En d'autres termes, la racémisation ne se ferait pas nécessairement par l'annulation optique de quantités *égales et de signe contraire*, mais par l'association, en nombres variables, de valeurs actives complexes en elles-mêmes. Dans ce cas, la présence du carbone asymétrique peut ne pas se manifester.

Un chimiste anglais a conçu, il y a quelque dix ans, l'uniformité de limite des séries organiques. Un alcool est alcool parce qu'il porte la fonction (OH). Si le radical hydrocarbure est peu développé, la fonction a toute son importance; mais, s'il se développe numériquement au delà de toute limite, la fonction (OH) tend vers zéro et, dans une même série normale, tous les corps consécutifs se ressemblent bientôt, surtout en approchant de l'infini. Ce ne sont plus que des carbures portant non pas une fonction, mais une minime impureté.

Cette considération rend encore plus intéressant le travail que vient de faire paraître en brochure M. Guerbet. Cet auteur est parvenu à obtenir la série des alcools supérieurs en soudant deux molécules au moyen du sodium. Exemple :



Dans ces conditions, on peut espérer doubler toujours les alcools et arriver assez vite à rendre la fonction négligeable.

Les corps élevés auraient ainsi en pratique même formule et mêmes propriétés. Si un tel travail de Chimie organique était poursuivi, on verrait peut-être que, dans les séries; le premier terme a les propriétés singulières d'unité; quelques termes suivants donnent l'isomérie de position, puis on entre dans l'uniformité inerte des nombres où rien ne varie, car toute propriété est réduite à CH^2. Ceci me rappelle que j'ai vu des alcools en C^{30} bouillir sans décomposition à 450°. Et, sans doute, ils auraient bouilli à la même température avec une formule reconnue en C^{60} ou en C^{1000}, si cette détermination pouvait se faire.

Il n'est pas possible d'entretenir des lecteurs cultivés de la multitude de publications faites pour des professionnels, publications d'ailleurs bien dépourvues de nouveauté. Les maisons Bertrand, Roure et Schimmel publient un véritable bulletin scientifique sur les parfums, tout rempli de formules de constitution développées, qu'il serait facile de transcrire ici sans apporter une idée nouvelle ; car, dans les précédents volumes de la *Revue*, on trouverait aisément toutes les formules linéaires ou hexagonales du citral, de l'ionone ou des terpènes dont il est sans cesse question. Que ceci ne soit pas pris en mauvaise part ; toutes les industries font de même et chaque technicien lit le journal qui relate les faits, petits ou grands, relatifs à son travail. La Science se segmente et l'on voit s'accumuler les *Zeitschrifte für angewandte Chemie*, *anorganische Chemie*, *analytische Chemie*, *electrolytische Chemie*, *pharmaceutische Chemie*, *physikalische Chemie*, etc. C'est le moyen de savoir un métier particulier et le droit d'ignorer la Chimie d'autant mieux qu'elle est plus représentée. Ce savoir tout préparé dispense d'initiative; les travaux originaux se font plus rares, et l'on ne peut plus écrire que rarement les découvertes quand elles viennent. La Chimie organique, en particulier, a pris son plus grand développement à côté des questions économiques : l'alcool, les couleurs, les médicaments, les parfums. Elle est peut-être dans l'état de sommeil de la Géographie trop bien connue, mais à coup sûr elle se réveillera parallèlement à la question économique des aliments.

V. — Chimie biologique.

Dans cette partie de la science, les sujets importants sont peu nombreux, mais attirent toutes les attentions, car ils touchent de suite aux intérêts et à la vie morale de l'homme. A mesure qu'on connaît mieux l'agrégat cellulaire qui nous constitue, on pense qu'il faut écarter les fortes drogues chimiques, maintenir par l'hygiène l'équilibre qui s'est constitué de lui-même, et n'impressionner nos éléments que par des quantités impondérables de diastases qui les atteignent à la façon des parfums, ne leur laissent, comme eux, que le souvenir, agréable ou pénible, d'un fait passé. N'est-ce pas ainsi que l'ingestion d'aliments peu usités, tels que les Mollusques, s'ils provoquent quelque accident au début, laissent un dégoût permanent?

A s'en tenir au point de vue chimique, une diastase est complètement inconnue. C'est en Physiologie un principe des plus actifs, présent au milliardième dans de l'eau contenant les substances du bouillon ou plus clairement les matières extractives banales des tissus. Certes, il y a des théories dias-

tasiques : l'une prévoit des molécules très grandes dont le pouvoir rotatoire serait en accord ou en interférence avec les diastases, dont la sécrétion permanente chez les cellules vivantes suffit à les protéger ou se montre incapable de les défendre.

Dans les idées de ce genre, on s'appuie sur les considérations physico-mécaniques en faveur pour régulariser l'arbitraire de la vie.

Ce qui séduit le plus, c'est de penser que des traces de matière brute produisent des effets d'amorce : un peu d'arsenic est stéatifiant, un peu de manganèse est oxydant, et l'iodothyrine, avec des quantités minuscules d'iode, provoque tout un travail glandulaire. C'est là une catégorie de faits incontestables ; ils ne sont peut-être pas seuls. Récemment, le mot de catalyse a repris quelque importance, en considération des effets matériels dont il vient d'être question. M. Henri, notamment, a considéré les diastases au point de vue des vitesses de réaction. Assurément, les lois de vitesse régissant toutes les réactions, même explosives, les équations de Berthelot et Péan de Saint-Gilles, celles de Wilhelmy, d'Ostwald, etc., peuvent être appliquées avec succès.

Mais le point de vue chimique est autre et si complexe que je dirais volontiers que deux séries de recherches sont à faire dans cette nuit chimique :

1° Un ensemble de choses inconnues, lisez diastases, agit sur une matière chimiquement connue. C'est le cas du suc cellulaire de levure de bière (Buchner) agissant sur le sucre, qui fermente aussitôt ;

2° Un ensemble de choses inconnues réagit sur un second ensemble inconnu. C'est le cas d'un suc cellulaire étranger (sérum, toxine), agissant sur un autre suc cellulaire. Si importantes que soient ces actions, prouvées par leurs bienfaits, elles ne sont pas entrées dans le champ des études chimiques. Ni *in vivo* ni *in vitro*, la nature d'une diastase ne peut se manifester encore.

Dans cet état de choses, rien n'empêche de croire que les hypothèses faites ne sont que des vues de l'esprit et qu'il n'est pas mauvais d'en ajouter plusieurs autres jusqu'à ce qu'on en trouve qui permettent d'aborder l'expérimentation chimique.

Rien n'empêche d'appliquer jusqu'à la cellule notre connaissance des êtres qui se recherchent pour se manger, sécrètent aussitôt un suc gastrique des mieux adaptés à leur profit et des plus propres à dissoudre leur proie. Cette chimie manifeste ne se fait pas sans la présence d'êtres vivants. Dans un combat entre la cellule humaine et celles qui la chassent, que font donc les diastases chimiques ? Je crois qu'il peut y avoir là le fait d'un tiers combattant. Chimiquement, on ne peut qualifier une diastase, et dans la pratique tout se passe comme si cette diastase soluble était une culture vivante, un virus. L'idée que la diastase (toxine, antitoxine) est un produit chimique soluble vient de ce que ces liquides sont transparents et actifs après filtration sur papier ou porcelaine et que l'alcool les précipite.

Mais une culture dont les éléments auraient moins de 2.000 diamètres agirait ainsi, car ses microbes seraient assez petits pour n'être pas vus avec nos microscopes. Impossibles à colorer, leur densité et leur indice de réfraction ne permettent pas davantage de les voir. Par contre, la chaleur et les réactifs tuent les diastases ; mais on sait combien sont variables la teneur en alcool ou la température nécessaires pour anéantir quelques-uns des microbes que nous connaissons. Et nous ne les connaissons pas tous.

Les diastases se fixent sur les cellules pour maintenir pendant des années une stabilité nouvelle ou y provoquer des évolutions comme le feraient des spermatozoaires invisibles. Et dans ce fait de la vaccination durable par les diastases semble bien se trouver un effet durable de la vie. Dans l'hypothèse des diastases catalytiques mortes, le poison doit s'éliminer ou être apporté sans cesse.

En outre, peut-on dire, les diastases ne se reproduisent pas comme des cultures vivantes. Ici, il faut toujours garder en mémoire ce fait qu'il y a des cellules *hémibiotes*. Un liquide que la Chimie ne saurait formuler contient des spermatocystes mobiles qui, par destination, ne peuvent, ni dans leur réservoir naturel, ni *in vitro*, se reproduire comme des microbes plus ou moins visibles. Cependant, une trace de cette diastase portée même mécaniquement sur un ovule (lui aussi hémibiote) établit aussitôt les phénomènes diastasiques durables que voici : l'ovule se fixe par coagulation, il garde à travers le temps l'empreinte étrangère, il se segmente chimiquement pour obéir à la loi de son espèce et non à celles de la Chimie. Ainsi fait le suc de levure quand il remanie la formule du glucose au point d'en tirer des choses aussi imprévues que du gaz carbonique, de l'alcool et d'autres corps. Une levure se reproduit indéfiniment par bourgeonnement ; en même temps, elle sécrète des diastases qui sont peut-être des cellules hémibiotes appropriées à sa taille et dont le destin est, en tout cas, de lui rendre favorable la chimie des milieux. Pour cette raison, nous voyons le plus souvent les diastases dans l'embryon des graines et autour des cellules digestives, dans la région de l'estomac par exemple, dans les glandes, etc...

Des réactions minérales étrangères peuvent, de temps à autre, diriger des actions chimiques comme le ferait la vie ; il n'en va pas moins que la vie a

ses méthodes à elle. Les diastases considérées comme cellules hémibiotes pourraient peut-être étendre encore leur champ du côté de la zoologie des êtres inférieurs, vers les faits de génération alternante, de parthénogénèse, de chimiotaxie, de transformations larvaires, etc.

Il ne m'appartient pas de commenter les progrès évidents faits par la Bactériologie pure et les sérums qu'elle engendre.

Au point de vue de la Chimie biologique, la séparation des acides amidés et analogues de M. E. Fischer nous montre le développement d'une idée, la coopération de beaucoup de chimistes déjà formés et par suite un large emploi de capitaux. Dans ce genre de sujets, on ne peut malheureusement avancer sans une énorme dépense. Un homme suffisait autrefois pour découvrir la naphtaline ou même l'alizarine. A mesure qu'on doit s'attaquer à des problèmes plus complexes, il faut non seulement plus d'expérimentateurs, mais encore qu'ils puissent tous évoluer à l'instant au milieu des connaissances scientifiques les plus variées. Nous en viendrons à des concerts de savants tous virtuoses. M. Fischer semble s'occuper surtout des acides amidés ouverts ou pyrroliques, et la précision habituelle de ses travaux laisse penser que ce qu'il fera dans cette voie sera solide.

La Chimie biologique, toutefois, comporte un nombre de solutions bien plus grand que le calcul des isomères dans la série aromatique. Pour une même matière, divers chimistes peuvent arriver à des résultats différents, tout en étant exacts. Chaque homme, en présence de matériaux extraordinairement complexes puisqu'ils ont vécu et possédé des réflexes, peut faire parler l'oracle — qui est sa méthode — dans le sens qui lui est propre.

Les amino-acides plus ou moins azotés sont célèbres sous le nom de bases hexoniques dès qu'ils sont en C^6. Il semble, dès qu'on en entend parler ou qu'on lit des écrits, qu'il soit très facile d'obtenir ces matières, de leur attribuer un rôle et de savoir pour combien elles figurent dans les tissus. La réalité est autre. J'ai vu de l'arginine, de l'histidine et de la lysine sous forme de dérivés caractéristiques venant du laboratoire de Schülze. Mais, en appliquant exactement la meilleure méthode connue, celle de Kossel, à divers tissus, on obtient des matières qui ne sont pas les bases hexoniques. Il y a là une multitude de corps que la méthode peut séparer simplement par groupes avec de très faibles rendements. En effet, le réactif principal, l'acide phosphotungstique, a un tel poids moléculaire qu'il retient les alcalis qui sont négligeables devant lui, et on n'en retire de bases hexoniques que ce qu'il veut bien en rendre, c'est-à-dire fort peu.

J'ai constaté que l'acide phosphotungstique précipite les bases hexoniques, mais il précipite tout aussi abondamment l'urine et la salive normales. Il est bien à souhaiter qu'on puisse se passer d'un pareil réactif, dont la masse minérale peut figurer dans les précipités pour 95 centièmes. En effet, les nombreuses molécules d'acide tungstique qui entrent en combinaison organique ont chacune pour poids moléculaire 232. Peu à peu, cette fâcheuse situation pourra être améliorée, et, par ce fait, la Chimie biologique prendrait un nouvel essor.

A. Etard,

Examinateur de sortie à l'Ecole Polytechnique,
Chef des Travaux chimiques
à l'Institut Pasteur.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lévy (Maurice), *Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.* — **Eléments de Cinématique et de Mécanique.** — 1 *vol. in-8° de* 412 *pages avec* 98 *figures.* (*Prix : 10 francs.*) *E. Bernard et Cie, éditeurs. Paris*, 1902.

Le programme des connaissances exigées pour l'admission à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures comprend maintenant des notions générales de Cinématique et de Mécanique : l'ouvrage de M. Maurice Lévy a pour but de donner aux futurs élèves de cette école les notions élémentaires qui leur sont demandées.

L'intérêt de ce livre est donc surtout dans les procédés didactiques employés pour présenter des idées de nature très accessible; les vues philosophiques de l'auteur sur les principes essentiels de la Mécanique demeurent, en quelque sorte, au second plan.

Les livres d'enseignement ne laissent souvent reconnaître que par leur titre la catégorie de lecteurs à laquelle ils sont spécialement destinés; c'est un reproche qu'on ne pourra songer à faire à l'ouvrage de M. Maurice Lévy. L'intention de l'auteur de former des praticiens apparaît, à chaque instant, dans le soin avec lequel les phénomènes réels sont mis en relief, tandis que les abstractions, nécessaires à la conception des principes, apparaissent presque comme des conclusions.

Pour entrer comme il convient en possession de la science qui lui est enseignée, l'élève a toujours deux sortes d'efforts à faire successivement. Les premiers sont destinés à lui faire apercevoir tous les détails des idées qui lui sont présentées, avec les analogies ou conséquences voisines qui s'y rattachent. C'est seulement après avoir, par cette première élaboration, éclairci le sujet et ses environs, que l'élève peut songer à classer dans son esprit et, cette fois, sous leur forme concise et définitive, les données résultant de l'étude qu'il a terminée.

L'auteur d'un livre d'enseignement a d'ordinaire surtout en vue cette seconde période du travail de l'élève et lui laisse le soin d'effectuer la première par ses seuls moyens; c'est celle-ci, au contraire, sur laquelle semble s'être surtout portée l'attention de M. Maurice Lévy.

Aussi, les choses sont-elles présentées par lui avec une simplicité, une abondance de remarques et de détails de toute nature, je dirais presque une bonhomie familière, qui donnent à son ouvrage un caractère tout particulier.

Je signalerai, comme distinct des tendances habituelles, le chapitre relatif aux champs et aux lignes de force, qui prépare le lecteur à des conceptions, autrefois peu utilisées par les mécaniciens, introduites maintenant avec avantage dans les éléments de la science. Les applications qui en sont faites par les physiciens sont devenues assez fréquentes pour qu'il y ait tout intérêt à les faire connaître aux étudiants, dès que l'occasion s'en offre.

R. Liouville,
Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres.

Bernhard Riemann's gesammelte mathematische Werke. *Nachträge herausgegeben von* **M. Noether** et **W. Wirtinger.** — 1 *vol. in-8° de* VIII-116 *pages, avec* 9 *figures.* (*Prix : 7 fr. 50.*) *B. G. Teubner, éditeur. Leipzig*, 1902.

Meyer (Dr M. Wilhelm). — **Der Untergang der Erde und die Kosmischen Katastrophen.** — 1 *vol. de* 389 *pages. Allgemeiner Verein für deutsche Litteratur. Berlin*, 1902.

M. W. Meyer, bien connu par des recherches et des publications astronomiques de valeur, présente, dans son ouvrage sur la fin de la Terre, les différentes hypothèses qui peuvent être formulées sur l'avenir de notre monde. Ce livre a certainement une base scientifique sérieuse, mais il revêt cependant un caractère spéculatif dans beaucoup de ses parties, et l'exposé, qui touche à de nombreux points de la Physique terrestre et céleste, est diffus; les développements et les répétitions en font un volume de près de 400 pages.

L'idée dominante de l'ouvrage est d'attribuer les transformations de l'Univers à des catastrophes cosmiques.

Pour l'auteur, c'est là l'origine de l'essaim de petites planètes comprises entre Mars et Jupiter; les nébuleuses en spirale doivent leur forme à une sorte de trouée produite par un corps sphérique pénétrant dans la matière nébulaire. On peut, dit-il, comparer l'effet produit par l'arrivée d'un astre au sein d'une nébuleuse à ce qui se passe quand des étoiles filantes ou des météorites pénètrent dans notre atmosphère. Il cite, comme exemple de grande catastrophe astrale, l'apparition de *Nova Persei* et les phénomènes qui l'ont accompagnée ou suivie. Au sujet de la formation des mondes, M. Meyer émet l'avis que l'hypothèse de Laplace doit être profondément modifiée, à tel point, dit-il, qu'il n'en reste presque rien.

L'auteur insiste sur la possibilité de la rencontre de corps gravitant d'un mouvement propre dans l'espace; il va jusqu'à attribuer une origine cosmique à certaines pluies locales et abondantes et aux précipitations de pluies et de neige rouges. Il défend aussi l'hypothèse bizarre qui donne, pour cause de la formation des cratères lunaires, une sorte de bombardement dont notre satellite aurait été l'objet.

M. Meyer pense que la vie peut être transmise d'un astre sur un autre; croire que la vie n'existe que sur la Terre est, pour lui, une conception étroite, qui ne peut venir que d'un esprit fermé, analogue à celui des anticoperniciens. D'après lui, notamment, les canaux de Mars sont le résultat du travail d'êtres intelligents.

L'auteur examine les diverses conditions de la vie et recherche les facteurs physiques qui pourraient la modifier, tels que des changements de température dans un sens ou dans l'autre, les périodes astronomiques (mouvement tropique du périgée), la variation de la durée du jour, etc.

Peu à peu, la Lune se rapprochera de la Terre et finira par se réunir à elle et toutes les planètes se réuniront au Soleil. La température du Soleil est inconnue; toutefois, une chose est certaine : le système solaire se refroidit et la mort définitive arrivera avec le refroidissement complet. Mais la rencontre possible d'un autre Soleil ou d'une nébuleuse provoquerait un arrêt, un grand développement de chaleur et la création d'un nouveau système, d'où la possibilité d'une nouvelle vie.

P. S.

Manno (R.). — **Theorie der Bewegungsubertragung als Versuch einer neuen Grundlegung der Mechanik.** — 1 *vol. in-8° de* 102 *pages avec* 6 *figures.* (*Prix : 3 fr.*) *W. Engelmann, éditeur. Leipzig*, 1903.

2° Sciences physiques

Jones (Harry C.), *Professeur à l'Université de John Hopkins.* — **The Elements of physical Chemistry.** (Éléments de chimie physique.) — 1 *vol. in-8° de* 565 *pages avec figures.* (*Prix* : 20 *francs.*) *The Macmillan Company. New-York et Londres,* 1902.

Parmi les ouvrages didactiques publiés en ces dernières années pour l'étude de la Chimie physique, celui que nous signalons ici est certainement parmi les meilleurs que nous ayons eus sous les yeux. Conçu avant tout dans l'idée de faciliter à tous les chimistes l'initiation aux questions importantes de la Chimie physique, il les aborde cependant toutes, et notamment celles qui peuvent avoir une répercussion dans la pratique, avec des détails suffisants pour donner au lecteur une idée complète du sujet.

Cet excellent manuel comprend dix chapitres principaux, consacrés aux questions générales suivantes : Atomes et molécules, gaz, liquides, solides, solutions, thermochimie, électrochimie, photochimie, statique et dynamique chimiques, mesures de l'activité chimique.

Sous ces divers titres, l'auteur traite de toutes les questions importantes de la Chimie physique; il le fait à la fois avec clarté, avec méthode, en conservant des proportions très heureuses et très judicieuses à l'étendue des développements que comporte chaque sujet, ce que l'on ne peut pas toujours dire de plusieurs ouvrages récents, dans lesquels les auteurs se sont laissés aller à développer d'une façon exagérée les chapitres relatifs à leur spécialité.

Si l'on ajoute que la bibliographie est suffisante, tout au moins comme indications générales, que l'auteur a, en outre, fait preuve d'une réelle impartialité et d'un véritable sens critique dans sa manière de faire appel aux travaux des principales Ecoles, qu'il a su également rendre justice à des noms que les contemporains ont une tendance à laisser tomber dans l'oubli, on conviendra que ses « Eléments de Chimie physique » réunissent un ensemble de qualités qui les recommandent d'une façon toute spéciale à l'attention des chimistes.

Philippe A. Guye,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

Gages (L.), *Chef d'escadron d'Artillerie.* — **Les Alliages métalliques.** — 1 *vol. petit in-8° de* 159 *pages, avec* 8 *figures,* de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire. (*Prix* : *broché,* 2 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars et Masson, éditeurs. Paris,* 1902.

La *Revue* a déjà signalé les différents ouvrages, relatifs à la Métallurgie, publiés depuis quelques années par M. le Commandant Gages. Le petit volume qu'il consacre aujourd'hui à la question des alliages métalliques mérite une mention spéciale, car il marque la fin d'une étape dans l'étude de cette question. Dans un article consacré aux Alliages métalliques et publié dans la *Revue* du 30 juin 1895, M. H. Le Chatelier écrivait : « D'un autre côté, la période de tâtonnement de la Science, dans ses applications aux alliages, semble toucher à sa fin ». C'est la fin de cette période de tâtonnement que marque la publication du livre de M. Gages, dans lequel se trouvent résumés et dégagés les principes actuellement acquis et sur lesquels on devra se baser désormais pour poursuivre l'étude des alliages, qui nécessite encore de longues recherches. Les travaux qui ont servi à établir ces principes ne remontent pas à une époque bien lointaine. Dans un petit ouvrage publié en 1889 sur les Alliages (analysé dans la *Revue* du 15 avril 1890), sir Roberts-Austen, le savant professeur de Métallurgie de l'Ecole des Mines de Londres, écrivait la phrase suivante : « Il y a longtemps déjà que l'illustre Dumas protestait éloquemment contre l'oubli dans lequel les chimistes modernes abandonnaient les alliages; et c'est encore aujourd'hui l'impression générale que notre connaissance très imparfaite des alliages ne repose sur aucune méthode expérimentale. » Depuis cette époque, les travaux se sont multipliés: en Angleterre, l'Institution of Mechanical Engineers a institué un Comité de recherches sur les alliages, présidé par sir Roberts-Austen, qui en résumait annuellement les travaux dans un Rapport; en France, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a également institué un Comité des Alliages, présidé par M. l'Inspecteur général des Mines Linder et dont M. H. Le Chatelier était le rapporteur[1]; en Amérique, M. Albert Sauveur publie, depuis 1898, une revue spéciale, *The Metallographist,* où se trouvent réunis tous les travaux relatifs aux alliages. Il y a donc des sources bibliographiques bien définies; mais la lecture de tous ces mémoires est longue et pénible et nécessite un travail de critique assez sérieux pour trancher les points sur lesquels des données contradictoires ont été obtenues. Pour le lecteur qui, sans se spécialiser dans cette étude, veut se faire une idée de son état d'avancement, il était nécessaire de faire un exposé qui condensât les principaux résultats acquis en éliminant les détails inutiles et les points douteux. C'est cette tâche difficile qu'a entreprise M. le Commandant Gages et qu'il a parfaitement exécutée. Nous aurions aimé à voir dans cet ouvrage quelques reproductions microphotographiques de la structure des métaux, ce procédé d'étude ayant l'avantage de rendre plus saisissantes les conceptions relatives à la constitution des alliages; ce sont, sans doute, des difficultés d'ordre typographique qui ont arrêté l'auteur dans cette voie. Tel quel, son ouvrage rendra les plus grands services à tous ceux qu'intéresse cette question des alliages, dont l'intérêt scientifique se double d'une grande importance industrielle.

G. Charpy,
Docteur ès sciences.

3° Sciences naturelles

Hommey (Dr J.), **Canel** (C.) et **Langlais** (G.). — **Canton de Sées (Orne), Géologie, Agronomie.** — *Notice et carte.* 1 *broch. de* 158 *p. Philippe Renouard, éditeur. Paris,* 1902.

En mainte occasion, la *Revue* a appelé l'attention de ses lecteurs sur les Cartes agronomiques, l'esprit qui doit présider à la confection de ces documents et l'importance des services que la culture est en droit d'en attendre. Dans ses colonnes mêmes, M. Ad. Carnot, l'éminent promoteur et directeur de l'œuvre de la Carte agronomique de France, a exposé le principe et la méthode de cette grande entreprise[2]. Sans revenir aujourd'hui sur le haut intérêt de cette création, actuellement établi par l'expérience, nous devons signaler, comme corollaire de l'institution, la louable initiative prise par quelques particuliers, dans un petit canton de France, à l'effet de constituer à la fois une Carte agronomique du canton et, comme complément à cette carte, une Notice géologique et agronomique accessible aux agriculteurs pourvus seulement d'une bonne instruction primaire supérieure.

La partie géologique, présentée comme introduction à la partie agronomique, est un peu copieuse, les auteurs ayant voulu préparer le lecteur à l'intelligence du sujet par l'exposé des notions les plus élémentaires de la Géologie. Dans la partie spécialement agronomique elle-même, les indications géologiques tiennent encore assez large place, et peut-être les cultivateurs éprouveront-ils quelque peine à distinguer les diverses strates du Grès armoricain, du Schiste à Calymènes, du Grès de Mag, des Schistes à *Trinucleus,* etc., etc., dont les auteurs leur donnent, avec précision, les caractéristiques minéralogiques et paléontologiques, ainsi que la composition chimique. Il est vrai que l'examen de la carte, où se trouvent soigneusement désignés le

[1] Les travaux de ce Comité ont été récemment réunis en un volume : « Contribution à l'étude des alliages métalliques ».

[2] Ad. Carnot : Les cartes agronomiques communales, dans la *Revue* du 30 septembre 1896.

sol et le sous-sol, non seulement des grandes régions naturelles, mais même de chaque district du canton, facilite beaucoup la tâche du lecteur et lui permet, même si la Géologie reste pour lui quelque peu impénétrable, de profiter des données analytiques de la Notice. Grâce au classement méthodique des renseignements qu'elle renferme et à une table alphabétique des termes techniques, cette brochure fournit aux personnes les moins versées dans la science les moyens d'étudier la carte avec fruit et de se rendre compte des conditions géologiques et minéralogiques de la culture en chaque lieu.

On ne saurait trop applaudir à l'intelligente tentative de M. Loubreuil, qui a provoqué ce travail, et de MM. Hommey, Canel et Langlais, qui l'ont mené à bien. Nous nous associons sans réserve à l'hommage que leur rend, dans la Préface, notre très distingué collaborateur M. A. Bigot. L. O.

Kropotkin. — Mutual aid, a factor of Evolution. — *1 vol. in-8° de 348 pages. W. Heinemann, éditeur. Londres, 1902.*

La conception de la lutte pour l'existence comme facteur important de l'évolution, introduite dans la science par Darwin et Wallace, a eu un succès considérable en Philosophie et en Sociologie, et la lutte sans pitié pour des avantages individuels a été élevée à la hauteur d'un principe biologique auquel l'Homme doit se soumettre, sous peine de succomber dans un monde basé sur l'extermination mutuelle. Darwin, cependant, avait employé l'expression dans un sens large et métaphorique, et il avait fort bien vu qu'à côté de la guerre et de l'extermination entre espèces différentes, il y a en même temps une aide mutuelle, une défense mutuelle entre animaux appartenant à la même espèce, ou au moins à la même société. La sociabilité est une loi de nature au moins autant que le combat mutuel.

M. Kropotkin montre par une série d'exemples que peu d'animaux mènent la vie solitaire, et que bien plus nombreux sont ceux qui s'associent pour la défense, la chasse, la protection de leur progéniture ou simplement pour mener la vie en commun. Dans ces tribus, la paix et l'aide mutuelle sont la règle, et celles qui ont su éliminer le mieux la compétition ont les meilleures chances de survivance et de développement progressif. Elles prospèrent, tandis que les espèces insociables déclinent.

Ce que l'on sait en Paléo-ethnologie permet d'affirmer que l'Homme, à ses débuts, n'a pas formé de petites familles errantes dans les forêts, comme celles des Orangs-Outangs et Gorilles, mais des bandes ou tribus analogues à celles de beaucoup de Mammifères. M. Kropotkin suit le développement historique de ces groupements, *gentes*, clans ou tribus, auxquels ont succédé les villages à territoires communistes, qui se sont groupés en fédérations unies par un solide réseau de guildes et de fraternités pour constituer les anciennes cités grecques, ou les républiques du Moyen-Age. Mais la croissance de l'Etat centralisé, sur le modèle du césarisme romain, a supplanté peu à peu les institutions communistes et d'aide mutuelle, qui tendent cependant, malgré la compression de l'Etat, à survivre ou à se reformer dans la société moderne (coopératives, syndicats agricoles, associations, etc.). L'absorption de toutes les fonctions sociales par l'Etat tout-puissant a favorisé le développement de l'individualisme, pour lequel M. Kropotkin n'a pas la moindre sympathie; loin d'être la source de tout progrès, comme le disent les sociologues et les économistes dans leur « naïve ignorance », il est l'indice et l'origine de la décadence; le progrès de l'humanité est lié au développement des institutions fédératives et associations d'aide mutuelle, laissant une large initiative à l'individu et au groupe, et à l'amoindrissement du Pouvoir central.

Ce livre, qui a paru sous forme d'articles dans le *Nineteenth Century*, de 1890 à 1896, est vraiment d'actualité, aujourd'hui où les idées fédératives et décentralisatrices sont en lutte déclarée avec les principes collectivistes ou étatistes; les partisans des premières trouveront dans le livre de M. Kropotkin une riche mine de documents, clairement groupés; le biologiste lira avec intérêt les chapitres intitulés *Mutual aid among animals* et les pages relatives à l'origine de l'Homme. L. Cuénot,

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Loewenthal (N.), *Professeur d'Histologie à l'Université de Lausanne.* — **Questions d'Histologie : La Cellule et les Tissus au point de vue général.** — *1 vol. in-12 de 210 pages. (Prix : 2 fr. 50.) Georg et Cie, Bâle et Genève; Schleicher frères, Paris, 1902.*

Ce petit volume renferme la matière des leçons introductives du cours professé par l'auteur dans la chaire d'Histologie de l'Université de Lausanne. Il a pour but de résumer d'une manière succincte les nombreux problèmes qui touchent à la cellule et aux tissus envisagés au point de vue général, et d'en faire ressortir les points discutés. L'idée de publier des questions controversées, des *Streitfragen*, n'est pas entièrement neuve, puisque, par exemple, Hertwig a déjà écrit les « questions historiques et questions litigieuses de la Biologie ». L'auteur a eu pour l'Histologie la même excellente idée. Le cadre dans lequel il range les questions qu'il examine est intéressant et ne manque pas d'originalité. Il y a trois parties dans ce livre : d'abord, c'est la cellule comme unité anatomique ; puis vient la cellule comme partie intégrante des tissus ; la troisième partie comprend le classement des éléments anatomiques et des tissus. La subdivision de ces parties principales est loin, à son tour, d'être sans mérite. On préférera certainement le cadre au contenu. Les documents, en effet, que l'auteur met en œuvre et sur lesquels il nous fait discuter, ne sont pas, en général, d'assez grande fraîcheur pour rendre la discussion passionnante ni même quelquefois intéressante. Il arrive même parfois que le point discuté est un point vidé, si bien qu'il faudrait déplacer un peu la question pour la replacer sur un terrain de controverse. Il y a néanmoins beaucoup de points de vue nouveaux à prendre, même pour les histologistes de profession, dans ce petit livre, dont les légers défauts disparaîtront à côté des nombreuses bonnes choses qu'il renferme et surtout sous l'impression favorable que produira l'ensemble de l'ouvrage.

A. Prenant,

Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.

4° Sciences médicales

Janet (Dr Pierre), *Professeur de Psychologie au Collège de France.* — **Les Obsessions et la Psychasthénie.** — *1 vol. in-8° de 700 pages. (Prix : 18 fr.) Félix Alcan, éditeur. Paris, 1903.*

Comme les précédents, ce volumineux ouvrage du Dr Pierre Janet s'adresse à la fois aux médecins et aux psychologues : aux premiers ressortit un demi-millier de pages de Symptomatologie, d'Etiologie et de Thérapeutique, et aux seconds semble particulièrement destiné un gros chapitre de généralisation et de théorie. Et il ne faut pas que l'éloge des uns soit pour inquiéter l'admiration des autres.

La méthode de M. Pierre Janet est infiniment originale et complexe. Comme les maladies qui en sont l'objet, elle est résolument *psychologique*, et il semble bien que cet observateur s'écarte de plus en plus des approximations physiologiques et de leur symbolisme illusoire. Pour ne pas abuser des graphiques ni des schématisations cérébrales, cette méthode n'en reste pas moins expérimentale. Le premier, M. Ribot s'est préoccupé d'étudier les altérations des principales fonctions psychologiques et il a dégagé cette idée, comme principe de toutes les recherches de ce genre, que le fait pathologique est une simplification et un grossissement du fait normal. L'originalité de M. le Dr Janet

consiste à découvrir, pour chaque maladie mentale qu'il a observée, la « fenêtre » ouverte sur l'esprit des malades, le moyen positif de pénétrer dans leur conscience fermée et appauvrie. Pour les hystériques, cette invention avait été l'hypnotisme; pour les psychasthéniques, elle est l'oscillation de leur niveau mental, la comparaison prolongée d'eux-mêmes avec eux-mêmes. 325 malades ont été étudiés ainsi à l'hôpital ou ailleurs; cinq surtout « présentent les phénomènes de la façon la plus précise et la plus intéressante ». Et l'on sent combien le médecin s'est plu à vivre avec ces cinq-là, avec eux et auprès d'eux, écrivant tous leurs mots, enregistrant tous leurs gestes, les pénétrant d'heure en heure d'une connaissance, non seulement plus précise et plus minutieuse, mais plus humaine, plus efficace. Peu à peu, dans ces entretiens solitaires où s'avouent à lui tant de misères mentales, semble s'être développé chez M. le Dr Janet un don spécial de divination et de sympathie. Son analyse de médecin participe de l'intuition du romancier. Et c'est ainsi, cliniquement et psychologiquement, par méthode et par finesse, qu'à la place de ces innombrables obsessions, impulsions, agitations, tics, phobies, etc., maladies flottantes et indéterminées, décrites jusqu'ici sous des noms différents, et dont les aspects sont presqu'infinis, il a été possible à l'auteur de « construire une grande psycho-névrose sur le modèle de l'épilepsie et de l'hystérie, la *psychasthénie* », qu'il désigne de ce nom parce que sa caractéristique générale lui paraît être « l'affaiblissement des fonctions psychologiques ».

Nous ne pouvons suivre ici l'analyse si détaillée de ces symptômes. D'après leurs analogies, ils sont répartis en trois groupes : — Les *idées obsédantes*, qui, tout en s'imposant à l'esprit du malade, ne parviennent jamais « ni à l'action, ni à l'hallucination, ni à la certitude » ; — Les *agitations forcées*, ensemble d'opérations excessives et inutiles, à forme systématisée ou diffuse, tics, angoisses, ruminations mentales; — Les *insuffisances psychologiques*, c'est-à-dire des troubles de certaines fonctions psychologiques, qui ne s'accomplissent plus normalement, sentiments subjectifs d'irréalité, d'incomplétude, phénomènes réels d'aboulie, d'aprosexie. Mais le fait important, qu'il faut mettre en relief, c'est que ces différentes classes de symptômes ne se rapportent pas à des maladies différentes; elles révèlent un seul et même trouble fondamental de la vie mentale. En effet, pour toutes ces variétés, il y a : une forme commune, car aucune de ces agitations forcées ne constitue un état permanent stable du sujet et toutes se développent « par crises »; — des causes identiques, qui se réduisent à quatre, l'acte volontaire, l'attention, l'émotion, et sans doute l'effort pour s'endormir profondément; — enfin, un processus uniforme, qui consiste dans la substitution à l'état primaire, volonté ou émotion, devenu trop difficile, d'un état secondaire d'automatisme beaucoup moins compliqué et plus aisé. Par exemple, il n'y a qu'à considérer l'émotivité des malades pour saisir sur le vif ce mécanisme de « dérivation psychologique ». Les émotions pathologiques, comme le remarque admirablement l'auteur, ne sont pas des émotions précises, en rapport avec une situation réelle; ce sont les émotions les plus simples, les plus élémentaires et les plus abstraites, en quelque sorte.

La seconde partie de l'ouvrage comprend des « *études générales sur l'abaissement de la tension psychologique* ». Elle est toute théorique et interprétative, il s'agit de rattacher les faits observés à quelque loi générale de la vie de conscience. Or, des trois ordres de phénomènes que présente la maladie, quel est celui qui est primitif : l'idée obsédante, l'angoisse émotive, l'affaiblissement psychologique? Ces trois hypothèses ont été soutenues; l'auteur examine avec une grande précision la théorie intellectuelle et la théorie émotionnelle; il les rejette toutes les deux, et son originalité consiste à dégager de la théorie psychasthénique une conception nouvelle de la vie psychologique.

En réalité, il est aisé de constater, de volume en volume, le travail d'esprit qui s'opère lentement chez le Dr Pierre Janet. Il est de plus en plus visiblement préoccupé de mettre en ordre ses « observations », de synthétiser ses analyses, de retrouver enfin l'unité fonctionnelle de cette conscience dont il a étudié si merveilleusement les désordres et le déclin. La vie psychologique lui apparaît comme une concentration de plus en plus forte d'éléments de plus en plus riches et de plus en plus nombreux : de là une sorte de niveau mental, exprimant à chaque instant le degré de cette synthèse, s'abaissant ou s'élevant suivant des causes diverses et observables, une *tension psychologique*. Il y a donc, selon leur difficulté et le degré de concentration qu'ils supposent, des phénomènes plus ou moins élevés : il y a une « *hiérarchie des phénomènes psychologiques* ».

Déjà, à propos des hystériques, l'auteur avait fait, dans ses premiers travaux, la distinction entre l'activité synthétique et l'activité automatique. Cette distinction lui paraît aujourd'hui trop spéciale et trop vague : la mentalité des psychasthéniques lui a révélé plus de nuances et de degrés. Pour établir cette échelle des phénomènes, il suffit d'observer ce qu'il y a de plus fragile et de plus persistant dans ces consciences affaiblies des malades. Le moment même de sa régression mesurera la dignité de la fonction. Au premier rang, et cette constatation est à elle seule une des plus originales théories de la conscience qui aient été proposées de ce temps, M. Pierre Janet place la *fonction du réel*. Cette fonction du réel est d'abord l'action volontaire, « qui nous permet d'agir sur les objets extérieurs » et qui disparaît la première chez les psychasthéniques, puis l'attention, qui nous permet « de saisir une perception ou une idée avec le sentiment que c'est bien le réel » et, à son dernier terme, elle est « la constitution du temps, la formation dans l'esprit du moment présent ». Le sommet psychologique, pour ainsi parler, ce n'est donc pas, comme on le croit vulgairement, l'opération intellectuelle, le raisonnement, par exemple, lequel, sous la forme de la rumination indéfinie, subsiste si souvent à vide chez les scrupuleux. Par l'action, toute la vie de la conscience est orientée vers la réalité; chaque phénomène de cette conscience existe en fonction de cette réalité à modifier ou tout au moins à connaître, et son caractère essentiel est, en empruntant cette expression à Spencer, son *coefficient de réalité*, lequel le classe à son rang depuis la volonté jusqu'aux mouvements musculaires inutiles.

L'esprit se plaît aux métaphores; bien qu'elle ne se trouve pas dans son livre, il y en a une qui s'impose pour résumer cette conception psychologique et que M. Pierre Janet répète volontiers dans sa familiarité : c'est celle de l'automobile. Le moteur travaille utilement ou tourne à vide, et son effort, qui réussit en palier, se dissipe et s'épuise à la côte. La route humaine est pleine de montées : telle tension des rouages intérieurs, capable de soutenir la marche unie, produit seulement au pied de la rampe l'affolement de la machine. Il y a dispersion de la force, *dérivation*, substitution du plus facile au trop difficile, de l'automatisme à l'impossible effort.

Et il est curieux de constater comme la pensée philosophique de ce moment s'organise et s'unifie. Pour définir sa *fonction du réel*, M. Pierre Janet écrit avec admiration : « Elle constitue cette « attention à la vie présente » dont parle M. Bergson dans un livre de Métaphysique qui semble souvent prévoir ces observations psychologiques ». A la vérité, l'analyse d'un Maître s'oriente tout naturellement vers la synthèse d'un autre, et il n'y a pas à désespérer que, quelque jour, le « Moi » profond et insaisissable, l'unité intuitive du métaphysicien, n'apparaisse au médecin dans la conscience dénudée d'un malade, comme apparaît son mécanisme intérieur dans une poupée crevée.

GASTON RAGEOT,
Agrégé de l'Université.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Mars 1903.

M. **R. de Forcrand** est élu Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. Reboul, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. **Troncet** présente un nouvel arithmographe, destiné à effectuer mécaniquement toutes les opérations arithmétiques; il se compose de deux parties essentielles : un additionneur et un multiplicateur; sur l'un et l'autre, les calculs sont effectués au moyen de lames de métal appelées réglettes, dentées sur leur bord comme des crémaillères et qu'on fait glisser avec la pointe d'un style.

2° Sciences physiques. — M. **H. Pellat** montre que, dans la détermination de la température absolue au moyen du thermomètre normal par la formule $T = t + \frac{1}{\alpha}$, il y a lieu d'introduire une correction qui revient à ajouter un dixième de degré au nombre fourni par cette formule. — M. **W. de Fonvielle** pense que, dans les hautes régions de l'atmosphère, la température s'abaisse jusqu'au point de liquéfaction et même de solidification de l'air, et que ces régions sont probablement semées de nuages constitués par de minimes molécules d'air liquide ou solidifié. — MM. **H. Moissan** et **J. Dewar** ont constaté que l'affinité du fluor liquide à la température de — 187° est encore assez puissante pour enflammer, sans le secours d'aucune énergie étrangère, le soufre, le sélénium, le phosphore, l'arsenic, pour décomposer violemment avec incandescence l'oxyde de calcium, enfin pour donner avec l'anthracène un véritable mélange explosif. — M. **H. Pélabon** a trouvé que l'antimoine déplace complètement l'arsenic de ses sulfures si les deux corps sont liquides. Le gaz hydrogène, chauffé en présence d'un mélange d'arsenic et d'antimoine, forme H^2S, dont la proportion croît avec celle d'As dans le mélange. — M. **V. Auger** a obtenu l'acide pyrophosphoreux $H^4P^2O^5$ en faisant réagir un excès de PCl^3 sur l'acide phosphoreux. Il se présente sous forme d'aiguilles incolores, fusibles à 38°; il est très déliquescent et est décomposé par l'eau en acide phosphoreux. — M. **V. Grignard**, en faisant réagir deux molécules de dérivé organomagnésien sur une molécule de phosgène, n'a pas obtenu la cétone qu'il attendait, mais un alcool secondaire symétrique et parfois l'hydrocarbure qui en dérive par déshydratation. Avec trois molécules d'organomagnésien et une de phosgène, on obtient l'alcool tertiaire correspondant. — MM. **Œchsner de Coninck** et **Raynaud** ont étudié la décomposition des acides organiques gras et aromatiques lorsqu'ils sont traités à chaud par un grand excès d'acide sulfurique ou de glycérine. — M. **Léo Vignon** a constaté que les nitrocelluloses, réduites en liqueur acide par le chlorure ferreux, donnent de l'oxycellulose A ce point de vue, la cellulose se différencie nettement de la mannite et des autres alcools polyatomiques. — M. **A. Haller** a reconnu que le pouvoir rotatoire des alcoylcyanocamphres énoliques est nettement supérieur à celui de leurs isomères, et que cette exaltation est due à la présence d'une double liaison dans le noyau du camphre contenant le carbone asymétrique. L'auteur a également préparé quelques éthers alcoylcamphocarboniques. — M. **A. Mouneyrat** a observé que le sang des chiens qui ont reçu de l'arsenic sous forme minérale renferme environ deux fois plus d'arsenic que le sang de ceux qui ont reçu ce même métalloïde sous forme organique. — M. **G. André** a déterminé les composés azotés que contient la terre arable. A la fin de l'hiver, la quantité d'ammoniaque augmente avec la profondeur, la nitrification étant peu intense; à la fin de l'été, au contraire, on rencontre peu d'ammoniaque, celle-ci ayant été nitrifiée au fur et à mesure de sa production.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Chauveau**, à propos d'un récent travail de Lord Kelvin, montre que l'organisme des sujets placés dans un milieu plus chaud qu'eux ne devient pas le siège de phénomènes réducteurs endothermiques capables de s'opposer à l'échauffement. La continuation des phénomènes de combustion de l'état normal, nécessairement exothermiques, se révèle dans cet organisme par la conservation des coefficients respiratoires de la période antérieure au séjour dans le milieu chauffé. — MM. **Ch. Henry** et Mlle **J. Joteyko** ont étudié l'influence de la fatigue sur la valeur des constantes de l'effort normal à l'ergogramme. Le quotient de la somme des efforts maxima par le temps au temps 1 diminue quand le numéro d'ordre des ergogrammes grandit; mais aucune des constantes de fatigabilité et de résistance ne subit de modifications régulières. — MM. **A. Charrin** et **G. Delamare** ont constaté que, chez les nouveau-nés, soit au niveau des portes d'entrée, soit, pour nombre d'entre eux, dans les viscères, les conditions de la résistance aux agents pathogènes sont, à plusieurs égards, défectueuses; il n'est donc pas surprenant de constater à cet âge, relativement à une série de processus morbides, un certain degré de fréquence ou de gravité. — M. **J. Chaine** communique quelques remarques sur la morphologie générale des muscles. — M. **L. Roule** a étudié la répartition des poissons de la famille des Athérinides dans l'Europe occidentale. Les espèces actuelles se rapportent seulement à deux espèces primordiales : *A. lepsetus* et *A. presbyter*. La première a eu son origine dans le bassin oriental de la Méditerranée, d'où elle a essaimé vers le bassin occidental. La seconde est d'origine océanique; elle a donné naissance à l'*A. Boyeri*, qui se cantonne dans la Méditerranée, à l'*A. lacustrus*, qui habite les eaux saumâtres et les estuaires, et à l'*A. Riqueti*, spécial aux eaux douces du canal du Midi. — M. **C. Queva** a étudié la structure des radicelles de la Mâcre; c'est le seul exemple connu d'une racine de Phanérogame à faisceau unipolaire. — M. **P. Fliche** a étudié les corps problématiques du Trias de Lorraine; ils paraissent devoir être rapportés pour la plupart à des Algues. — M. **Ray Lankester** a fait l'étude du crâne d'un mammifère gigantesque trouvé dans les sables de l'Eocène supérieur du Fayoum. Il le nomme *Arsinöitherium* et l'envisage comme dérivant de la souche primitive des éléphants. — M. **A. Lacroix** décrit une éruption du volcan de l'île de Saint-Vincent.

Séance du 6 Avril 1903.

M. **E. Mascart** lit une Notice sur la vie et les travaux de Sir G. G. Stokes, Associé étranger.

1° Sciences mathématiques. — M. **W. Stekloff** signale une propriété remarquable de plusieurs développements souvent employés dans l'Analyse. — M. **C. Guichard** indique une nouvelle transformation des surfaces à courbure totale constante. — M. **C.-A. Laisant** communique une propriété des orbites fermées décrites par un point matériel sous l'action de forces centrales : Soient (C) une telle orbite, S le centre des forces, O le centre de gravité de l'aire de la courbe plane (C), G le centre de

gravité de la ligne (C); en supposant que la densité soit, en chaque point, proportionnelle à l'inverse de la vitesse, on a $SG = 3/2\ SO$, les trois points S, O, G étant en ligne droite. — **M. H. Moulin** étudie une forme de la relation $\varphi(p, v, t) = 0$ relative aux fluides, possédant les propriétés suivantes : 1° quand v est suffisamment petit, on retrouve la formule des explosifs; 2° elle conduit à la loi des états correspondants, puisqu'elle contient trois coefficients pour les trois variables. — **M. P. Duhem** démontre la proposition suivante : Les seules ondes du premier ordre par rapport aux composantes u, v, w de la vitesse qui puissent persister en un milieu vitreux affecté de viscosité sont des ondes qui séparent constamment les deux mêmes parties du milieu. Une telle onde est surface de discontinuité pour la densité. Si le milieu est bon conducteur, elle est onde du premier ordre pour la température T; elle est surface de discontinuité pour cette variable si le milieu est dénué de conductibilité. — **M. H. Poincaré** présente le Rapport de la Commission chargée du contrôle scientifique des opérations géodésiques de l'Equateur. Les observations ont été contrariées par un très mauvais temps et par la superstition des populations qui détruisent les mires; mais les observateurs n'ont rien sacrifié de la précision scientifique la plus rigoureuse.

2° Sciences physiques. — **M. A. Berget** décrit un nouvel appareil permettant de rendre horizontal l'axe optique d'une lunette. Le principe de la méthode consiste à réaliser un plan vertical réfléchissant, sur lequel on fait l'autocollimation de la lunette dont il s'agit de rendre l'axe optique horizontal. — **M. G. Le Cadet** a constaté, au sommet du Mont-Blanc, que la variation diurne du potentiel électrique par beau temps présente une oscillation simple avec un maximum de jour entre 3 heures et 4 heures du soir et un minimum de nuit vers 3 heures du matin. La conductibilité apparente de l'atmosphère augmente avec l'altitude; elle est sensiblement égale pour les deux signes au fond des vallées et présente, sur le sommet du Mont-Blanc, un caractère très nettement unipolaire. — **M. G. Meslin** a observé que les dissolutions de bichromate de potasse dans l'essence de térébenthine ou dans le sulfure de carbone, placées dans un champ magnétique, ont la propriété d'absorber inégalement la vibration parallèle au champ et la composante perpendiculaire à ce champ. — **M. D. Gernez** a reconnu que les deux variétés d'iodure mercurique se comportent, sous l'influence des réfrigérations les plus énergiques, comme le feraient deux corps différents et que l'iodure rouge quadratique ne se transforme pas en iodure jaune orthorhombique. Ces deux variétés colorées présentent des teintes de plus en plus claires à mesure qu'on les refroidit. — **M. A. Colson** a préparé des dérivés tétraplombiques en faisant réagir le chlore sur les sels de plomb en liqueur acide. Exemple : $2\,Pb(C^2H^3O^2)^2 + 2Cl = PbCl^2 + Pb(C^2H^3O^2)^4$. — **M. G. Viard** a obtenu du sulfure de zinc cristallisé en faisant passer de la vapeur de chlorure de zinc, diluée dans du gaz carbonique, sur certains sulfures métalliques; on obtient de même du sulfure de cadmium cristallisé. — **M. P. Lemoult** a reconnu que les chaleurs de combustion moléculaires des divers carbures peuvent être calculées en faisant la somme des chaleurs de combustion élémentaires constantes, relatives à certains groupes convenablement choisis. Sur 60 cas examinés, il y en a 11 °/o où l'approximation est inférieure à 1 °/o, et 64 °/o où elle est supérieure à 1/200. — **M. Léo Vignon** a constaté que les divergences observées par les expérimentateurs sur le maximum de nitration de la cellulose proviennent du dosage de l'azote effectué seul, à l'exclusion du carbone et de l'hydrogène, et de l'hypothèse que la molécule cellulosique subsiste dans les dérivés nitrés obtenus. Au maximum de nitration de la cellulose, on fixe $3\,(AzO^2)$ pour une molécule en C^6. Le dérivé nitré ainsi obtenu est un dérivé oxycellulosique. — **M. M. Delage**, en ajoutant graduellement, au contact de l'air, une solution de baryte, strontiane ou chaux à une solution de pyrogallolmonosulfonate ou disulfonate de Ba, Sr ou Ca, a observé la formation de substances colorées qui sont probablement des produits d'oxydation. — **M. A. Goris** a observé que le tanin du Marronnier semble exister en combinaison ou tout au moins en relation très étroite avec l'esculine, glucoside qui se trouve dans la plante; en tout cas, ils se rencontrent dans les mêmes éléments cellulaires. — **M. Amar** a constaté que les cristaux d'oxalate de calcium qu'on trouve dans les plantes sont un produit d'excrétion, et qu'on peut obtenir des plantes entièrement dépourvues de ces cristaux en les cultivant dans une solution nutritive ne renfermant pas de sels calciques.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Chauveau**, après avoir montré que les processus de combustion se poursuivent chez l'animal même quand il est soumis à une température supérieure à celle de son corps, fait voir que les moyens de résistance de l'organisme contre l'échauffement sont insuffisants et que, si l'accroissement thermique dépasse les limites étroites qu'il lui est donné d'atteindre sans danger, la mort des tissus et des organes survient. — **M. A. Laveran** a constaté l'existence des *Anopheles* dans toutes les localités insalubres qu'il a visitées et dans tous les lots de Culicides recueillis en pays palustres qui lui ont été envoyés; l'abondance des *Anopheles* dans une localité donnée s'est trouvée, presque toujours, en rapport direct avec la fréquence des fièvres palustres. — **M. H. Bierry** a observé que les injections répétées au lapin, non plus des cellules de rein de chien, mais des constituants chimiques de ces organes, permettent d'obtenir une néphrotoxine énergique pour le chien. — **M. Molliard** a constaté que le développement de la forme ascosporée des *Ascobolus* exige un ensemble de conditions qui se trouve être réalisé par la présence d'une bactérie. — **M. B. Renault** a reconnu que les Lépidodendrons d'Esnost et du Roannais ont été envahis après leur mort par des filaments mycéliens et des Algues. — **M. P. Fliche** a découvert dans le Trias lorrain plusieurs Lycopodinées : des *Pleuromeia*, des *Stigmaria*, un *Caulopteris*. — **MM. E. Fournier** et **A. Magnin** établissent que les manifestations de la circulation souterraine des eaux se succèdent dans l'ordre de vitesse décroissant suivant : troubles et intumescences après les pluies; crues microbiennes correspondantes; apparition du sel, de l'amidon; apparition de la fluorescéine. La vitesse des cours d'eau souterrains peut varier brusquement et considérablement avec les précipitations atmosphériques. — **M. A. Lacroix** communique les principaux résultats de la Mission de la Martinique. La Montagne Pelée réalise aujourd'hui le type du cumulo-volcan; elle est constituée par l'accumulation d'un amas de lave sur l'orifice de sortie de la bouche souterraine du volcan. Un autre trait essentiel de l'éruption est la production de nuées ardentes, consistant dans la projection, en direction plongeante, de gaz et de vapeurs entraînant des cendres et des blocs d'andésite.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 24 Mars 1903.

M. Le Dentu présente un Rapport sur le séparateur des urines de **M. Luys** et ses applications. — **MM. R. Blanchard, E. Schwartz** et **J. Binot** communiquent l'observation d'un malade qui portait dans le péritoine une masse parasitaire très volumineuse, de nature non néoplasique, uniquement constituée par une substance glaireuse englobant des cellules de levure. Cette levure, inoculée à divers animaux, se retrouve dans plusieurs organes, où elle pullule abondamment; l'organisme ne manifeste aucune réaction à son égard; il est possible qu'elle sécrète une toxine soluble qui paralyse les éléments phagocytaires. — **M. Motais** décrit les perfectionnements qu'il a apportés à sa méthode opératoire du ptosis par la suppléance du muscle droit supérieur.

Elle est aussi généralement adoptée. Des deux complications qu'elle peut entraîner, l'une, la diplopie verticale, n'est pas constante et disparaît complètement dans l'espace de quinze jours à cinq mois; l'autre, l'ulcère de la cornée, peut être évitée. — L'Académie termine la discussion sur l'alimentation des enfants des nourrices et des enfants protégés. Elle repousse les propositions de la Commission de l'Hygiène de l'enfance, et adopte celles de **M. Pinard**. En conséquence, elle émet le vœu que le second paragraphe de l'article 8 de la loi Roussel soit ainsi modifié : « Toute personne qui veut se placer comme nourrice sur lieu est tenue de se munir d'un certificat du maire de sa commune indiquant si son dernier enfant est vivant ou décédé et, s'il est vivant, constatant qu'il est âgé de sept mois révolus ». D'autre part, « considérant que l'allaitement maternel, loi de la nature, favorable à la santé de la mère et nécessaire à la vie de l'enfant, est un droit de celui-ci et un devoir pour celle-là; qu'il a été allégué que certaines mères sont, par suite du manque de ressources, dans l'impossibilité d'accomplir ce devoir, que cet argument est le seul qui ait été produit contre l'obligation de l'allaitement maternel et que la valeur en fait de cet argument ne peut être contestée; mais considérant qu'il est conforme à la justice, non moins qu'à l'intérêt social, que la collectivité vienne en aide à ces mères que le dénûment empêche de remplir leurs fonctions maternelles, l'Académie émet le vœu : que des secours d'allaitement soient institués en faveur des mères au sujet desquelles il sera établi que le défaut de ressources leur rend impossible l'allaitement de leur enfant ».

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 Mars 1903.

M. le Président annonce le décès de **M. C. Leblanc**, membre de la Société.

M. F. Battelli a observé que, pendant le passage d'un courant alternatif de 240 volts, le cœur d'un chien est arrêté en diastole lorsqu'on applique une électrode directement sur cet organe mis à nu. A la rupture du courant, les ventricules reprennent leurs battements si le contact n'a pas été trop prolongé. Un courant de 120 volts provoque l'apparition de trémulations fibrillaires, qui persistent ensuite. — **M. Ch. Féré** a constaté la persistance pendant plusieurs années de tératomes expérimentaux du poulet. — **M. O. Rossel** décrit une réaction rapide et extrêmement sensible de la matière colorante du sang avec l'aloïne qui permet de retrouver le sang dans l'urine et les excréments. — **M. P. Bonnier** complète le syndrome qu'il a attribué au noyau de Deiters; le vertige est souvent remplacé par l'étourdissement; le dérobement manque rarement; souvent il y a une soif intense. — **M. J. Babinski** a étudié le mécanisme du vertige voltaïque; c'est bien à l'excitation électrique de l'oreille qu'est due l'inclination latérale de la tête. — **M. C. Fleig** conclut de ses expériences que l'augmentation du flux de bile consécutive à l'introduction d'acide dans l'intestin semble partiellement résulter d'un réflexe qui aurait pour voies centripètes les nerfs mésentériques, pour centres les plexus mésentérique supérieur, cœliaque et hépatique ou simplement les ganglions intra-hépatiques, et pour voies centrifuges des fibres excito-sécrétoires vraies, réflexe sécrétoire et non excrétoire ou vaso-moteur. — **MM. Bardier** et **Bonne** montrent que la surrénale réagit à l'épuisement musculaire artificiel par une exagération de son activité normale et que, des quatre zones de la substance corticale, c'est la zone spongieuse qui réagit le plus manifestement. — **M. H. Coupin** a remarqué la facilité d'assimilation du phosphore par le *Sterigmatocystis nigra*; l'hypophosphite de sodium seul s'est montré inassimilable par cet organisme. — **MM. R. Boulud** et **Fayol** ont dosé colorimétriquement l'adrénaline par la méthode de Battelli; la coloration verte est d'autant plus fugace que l'extrait est plus acide et la solution de $FeCl^3$ plus concentrée. — **M. Ch. Nicolle** en substituant dans la méthode de Gram une solution bromo-bromurée à la solution iodo-iodurée, a obtenu des résultats identiques à ceux que donne le procédé classique. — **MM. Ed. Chaumier** et **J. Rehns** ont constaté que le vaccin et le sérum des vaccinés ne s'influencent nettement pas plus en contact *in vitro* que séparément *in vivo*. — **MM. Enriquez** et **Hallion** établissent que c'est essentiellement par production de sécrétine que l'acide introduit dans le duodénum provoque une sécrétion pancréatique; c'est dans le pancréas lui-même que la sécrétine exerce directement son action; le mécanisme nerveux, s'il existe, n'a qu'une importance fonctionnelle accessoire. — **M. H. Vincent** a étudié la présence du bacille d'Eberth dans l'urine des typhoïdiques, pendant et après leur maladie. Il l'attribue à la végétation pure et simple de la bactérie dans la cavité vésicale. — **M. E. Maurel** a observé que la quinine à certaines doses diminue le nombre des leucocytes dans la partie circulante du sang.

Séance du 21 Mars 1903.

M. S. Leduc montre que les spectres des champs de force de diffusion sont la reproduction exacte des figures de la karyokinèse et pense qu'ils offrent la seule explication admissible de leur formation. — **MM. Ed. Lesné** et **Ch. Richet fils** ont constaté que les substances toxiques le sont moins quand il y a excès de sel dans le sang. Ce fait confirme l'efficacité du traitement de l'épilepsie par le régime hypochloruré conjointement au bromure. — **M. Ch. Féré** n'emploie pas l'hypochloruration, car, si elle est relativement facile à observer dans les asiles, elle est difficilement réalisable dans la vie commune. — **M. N. Gréhant** a reconnu que, pour accélérer chez l'homme ivre l'élimination de l'alcool, il est utile de pratiquer plusieurs lavages de l'estomac avec de l'eau pure. — **M. G. Weiss** a étudié de plus près la formule de M. Chauveau qui représente le travail d'un moteur; il montre le degré d'approximation qu'on peut en obtenir. — **MM. P.-E. Launois** et **P. Roy** pensent que la glycosurie hypophysaire est due à la compression exercée par la tumeur pituitaire sur les parties de l'encéphale situées dans son voisinage. — **M. Gellé** signale les difficultés qu'a rencontrées la réalisation d'un musée phonographique et qui proviennent surtout de l'altération des phonogrammes. — **M. Em. Bourquelot** montre que l'hydrolyse intégrale d'un polysaccharide exige autant d'actes fermentaires différents que ce composé renferme de molécules sucrées moins une; les ferments doivent agir successivement et dans un ordre déterminé. — **M. M. Nicloux** a reconnu que la glycérine existe normalement dans le sang, en quantité fort petite, il est vrai. — **M. H. Coupin** a étudié l'assimilation du soufre par le *Sterigmatocystis nigra*. La Mucédinée peut s'en nourrir sous la plupart de ses formes; toutefois, certains sulfures et sulfites sont toxiques. — **MM. Rappin** et **Henrot** ont trouvé des bacilles acido-résistants dans l'urine de plusieurs syphilitiques. — **M. L. Pissot** présente un nouveau microtome.

Séance du 28 Mars 1903.

M. A. Giard montre que, chez certains hybrides, il peut y avoir dans le jeune âge dominance absolue mais transitoire d'un caractère qui, plus tard, deviendra plus ou moins récessif par la suite du développement. — **M. A. Laveran** a déterminé un certain nombre de Culicides capturés en Cochinchine. Les *Anopheles* sont rares à Saïgon; ils sont surtout représentés par l'*A. Rossi*. — **M. M. Lambert** a étudié la transformation subie par les peptones sous l'influence de l'érepsine. Les produits obtenus sont les mêmes que ceux de la digestion trypsique de l'albumine, mais il s'agit bien de deux ferments différents. — **MM. E. Abelous, E. Bardier** et **H. Ribaut** ont constaté que l'alcool éthylique injecté dans l'organisme animal se détruit dans sa presque totalité. — **MM. M. Labbé** et **L. Lortat-Jacob** ont

étudié la réaction sanguine qui se manifeste sous l'influence des injections de préparations iodées. Elle est caractérisée par trois stades : 1° un afflux de leucocytes agglutinés en paquets; 2° une phase d'hypoleucocytose qui persiste quarante-huit heures; 3° une période d'hyperleucocytose avec mononucléose. — **M. G. Weiss** poursuit ses études sur la formule du rendement des moteurs de M. Chauveau. — **M. E. Pozerski** a constaté que l'action favorisante du sérum sanguin sur l'amylase pancréatique n'est pas de nature diastasique; elle doit être rapportée en grande partie aux matières albuminoïdes et aux autres substances non dialysables du sérum. — **M. M. Grégoire** a reconnu que, grâce à la réaction d'Umikoff, on peut se rendre compte assez approximativement de la présence du fer en plus ou moins grande quantité dans le lait. — MM. **A. Chassevant** et **S. Posternak** signalent quelques propriétés de l'argent colloïdal qui excluent l'idée de la nature acide de ce produit, soutenue par M. Hanriot. — **M. A. Couvelaire** a observé que le cerveau des enfants nés prématurément est plus souvent le siège d'hémorragies que leur moelle; c'est le contraire qui se passe chez les enfants nés à terme ou près du terme. — **M. F. Ramond** a constaté qu'il peut se produire une inflammation épithéliale pseudo-néoplasique autour de corps étrangers non virulents (poivre, naphtol, charbon). — **M. J. Heitz** a observé, chez de nombreux tabétiques, que les crises gastriques coïncidaient avec une anesthésie de la région thoracique.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 17 Mars 1903.

MM. **A. Rouslacroix** et **G. Benoit** ont étudié la formule hémo-leucocytaire de la grossesse et de l'accouchement. Celle de la grossesse et du travail est une polynucléose neutrophile, plus marquée chez les primipares que chez les multipares. La polynucléose diminue progressivement dans les suites de couches. — **M. Ch. Livon** montre, par l'étude des gaz du sang, que, s'il y a danger à prolonger l'anesthésie avec le bromure d'éthyle, le danger est bien moindre lorsque l'on répète les séances avec intervalles pendant lesquels se produit le réveil. — **M. Ed. Hawthorn** a fait des cultures homogènes du bacille de la tuberculose en eau peptonée; les bacilles présentent une extrême mobilité. On observe sur la plupart d'entre eux l'apparition de petits corps sphériques ressemblant à des spores. Le bacille acclimaté à l'eau peptonée se cultive ensuite très bien sur pomme de terre glycérinée ou gélose gluco-glycérinée. Les cultures en eau peptonée donnent très facilement la réaction agglutinante. — MM. **A. Raybaud** et **Ed. Hawthorn** ont constaté que les cultures homogènes de bacilles tuberculeux en eau peptonée ont une action nulle sur les globules sanguins de cobayes sains et sur les globules lavés de cobayes tuberculisés; l'hémolyse se produit seulement avec le sang défibriné de cobayes tuberculisés.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Mars 1903.

MM. **B. Brunhes** et **P. David** ont trouvé au Puy-de-Dôme une anomalie magnétique considérable qui exigeait une étude détaillée. La carte qu'ils présentent, et qui donne le tracé des isogones et des lignes d'égale composante horizontale sur la montagne, n'a pas exigé moins de 58 mesures de déclinaison, 54 de composante horizontale; en 48 points, on a fait les deux mesures. En un certain nombre de points, on a fait les mesures complètes à l'aide d'un théodolite Brunner, appartenant à l'Observatoire du Parc-Saint-Maur. Pour faire rapidement les mesures de déclinaison, on employait une simple boussole d'arpenteur, donnant les 10' et, avec un peu d'habitude, les 5'. On visait un repère, la cathédrale de Clermont ou le pic de Sancy; on corrigeait l'erreur de parallaxe en reportant la direction de visée à ce qu'elle aurait été du centre de la Tour. Pour mesurer la composante horizontale, on employait la même boussole comme boussole des sinus. Un barreau aimanté fixe était disposé sur un support approprié au-dessus de la boussole, dans une direction horizontale parallèle à la ligne 0°—180° de la boussole. On tourne tout l'appareil jusqu'à ce que l'aiguille mobile ait pris la direction 90°—270°, perpendiculaire au barreau fixe: puis on retire ce barreau, et l'aiguille mobile, désormais soumise au champ terrestre seul, dévie jusqu'à une division voisine de 45°. On avait réglé la hauteur du support de l'aimant fixe de façon à avoir cette déviation de 45°; dans ces conditions, la composante nord du champ perturbateur est connue avec la même précision que l'est la composante ouest par la mesure de la déclinaison faite avec le même appareil. La déclinaison est à peu près normale sur une ligne passant par le centre de la Tour et inclinée de 15° à l'ouest à partir du nord. A l'ouest, elle est plus faible et atteint un minimum de 12° 10' à 45 mètres du centre. A l'est, elle présente un premier maximum relatif, égal à 19°25', à 101 mètres du centre de la Tour, et un second maximum, égal à 19°45', à 300 mètres à l'est de la Tour, en un point situé sur la pente qui regarde Clermont, à 150 mètres environ au-dessous du niveau du sommet. Sur ces pentes, dont l'inclinaison varie de 38° à 43°, les mesures sont très pénibles. La composante horizontale est minimum au nord : 0,193 C. G. S., à 100 mètres de la Tour, dans la direction N. 15° W. Elle a un maximum au sud, à 156 mètres de la Tour: H = 0,225 C. G. S. On a figuré, sur la carte, par des flèches, *le champ perturbateur*, nettement dirigé vers le sommet de la montagne. La composante verticale présente partout une anomalie positive. Les observations sont continuées sur d'autres sommets, qui présentent des anomalies analogues. MM. Brunhes et David s'occupent, en particulier, à l'heure actuelle, des perturbations dues aux roches qui présentent une aimantation permanente, ayant gardé la direction d'aimantation qui serait celle du champ terrestre à l'époque de leur formation. Ils ont déjà appelé l'attention sur une de ces roches, la brique naturelle provenant de la cuisson de couches d'argile par des coulées de lave; ils ont étendu leur méthode d'étude (*Comptes rendus*, 15 juillet 1901) à d'autres roches, et obtenu des résultats qui feront l'objet de prochaines communications. — **M. A. Dufour** a utilisé dans des recherches de spectroscopie des tubes en silice fondue et en anhydride borique fondu. A cette occasion, il montre à la Société le travail de ces substances. *Silice fondue*. I. Le chalumeau, alimenté par du gaz d'éclairage et de *l'oxygène*, donne la température nécessaire pour fondre le quartz. Le fragment de quartz, « étonné » au préalable, doit être placé au sommet du cône bleu brillant que l'on voit à l'orifice du chalumeau, quand la quantité d'oxygène est suffisante. II. En accolant dans la flamme des fragments de quartz étonné, en les fondant et les étirant, on constitue une baguette de silice fondue qui permet d'obtenir des tubes et des fils. Il suffit, pour fabriquer un tube, d'enrouler cette baguette en hélice dont les spires se touchent. En refondant toute la paroi et en soufflant, à l'aide d'un tube de caoutchouc, dans le tube qu'on travaille, on obtient très facilement un tube sensiblement régulier, en silice fondue. Le fil de quartz, d'un diamètre supérieur à 10 μ environ, s'obtient en quantité notable par le procédé suivant: une poulie cylindrique, en bois, qui peut être mise en rotation, à la main ou moteur, porte un fragment de baguette. A l'aide du chalumeau, on soude à ce fragment une baguette assez épaisse. Maintenant l'extrémité de cette dernière constamment fondue, on met la poulie en mouvement. Il se produit un fil plus ou moins fin, qui s'enroule sur la poulie. Les fils plus fins, ayant de 1 à 10 μ de diamètre et utilisés fréquemment pour les suspensions, s'obtiennent par le procédé Trellfall. Il suffit d'étirer rapidement, dans le chalumeau, une baguette de silice fondue, pour qu'il se produise un fil très fin,

que la flamme entraîne. On le recueille en plaçant au-dessus de cette flamme une planche garnie de clous, où il s'accroche. Le fil obtenu est d'autant plus fin que la flamme est plus chaude. III. La propriété la plus intéressante de la silice fondue est sa faible dilatation. M. Dufour projette les courbes obtenues par M. Le Chatelier et représentant la dilatation des variétés de quartz. Il résulte de cette différence de dilatation que la silice fondue résiste beaucoup mieux que le verre à de brusques variations de température. Un tube de quartz, fermé à une extrémité, et pas trop épais, peut être chauffé au rouge à l'aide d'un bec Bunsen, puis plongé brusquement dans l'eau sans qu'il se casse. La silice fondue ne peut pas se souder au verre. C'est à l'aide de rodages que se font les connexions entre silice et verre. On ne peut aussi la souder au platine; peut-être pourrait-on essayer des alliages à faible dilatation comme ceux de M. Guillaume. IV. La transparence de la silice fondue pour les rayons visibles et pour les rayons ultra-violets est très grande. Il est très facile de faire, avec un écheveau de fils de quartz, l'expérience des fontaines lumineuses. Cette transparence existe même à la température de la flamme d'un ~~bec~~ Bunsen ordinaire. Cette propriété permet de réaliser une expérience de cours relative à la loi de Kirchhoff: un fil de platine, placé à l'intérieur d'un tube de silice chauffé par un Bunsen, apparaît rouge au travers du tube transparent. A plus haute température, au moment de sa fusion, le quartz est, au contraire, très lumineux. M. Dufour s'est servi de cette propriété pour projeter devant la Société les opérations de la fabrication des tubes de silice. *Anhydride borique fondu.* L'anhydride borique fond à une assez basse température. Il se travaille exactement comme le verre dans l'industrie. On obtient ainsi des boules et des tubes très transparents, qui se recouvrent peu à peu, à l'air ordinaire, d'une couche opaque d'acide borique. Un lavage extérieur à la potasse leur rend leur transparence. Le maniement de ces tubes est très délicat; ils sont extrêmement sensibles aux variations de température. Un appareil en anhydride borique, sans fente, est une rareté. L'anhydride borique fondu se soude très bien au platine. Cette propriété est précieuse, car elle permet de relier un tube en anhydride borique à une canalisation en verre. M. **R. Benoît** rappelle, à propos de la communication précédente, que **M. P. Chappuis**, après avoir été témoin des premiers résultats obtenus par M. Dufour, et avoir été mis par ce dernier au courant de ses procédés, a construit à Breteuil, il y a environ deux ans, une pièce qui mérite peut-être d'être signalée, parce qu'elle est, semble-t-il, la première de cette importance qui ait été faite en quartz fondu. C'est un réservoir pour thermomètre à gaz, ayant la forme d'un tube cylindrique de 5 à 6 centimètres de diamètre sur 22 centimètres de longueur, terminé par des calottes hémisphériques, et prolongé d'un côté par un tube capillaire d'une trentaine de centimètres. Il est destiné à un thermomètre à gaz pour des études sur les températures élevées. M. Chappuis a aussi déterminé la dilatation du quartz fondu, par la méthode Fizeau, sur un petit bloc préparé par lui, et qui a été taillé pour cet objet par M. Jobin. Il a obtenu également une dilatation très faible, environ trente fois plus petite que celle du verre ordinaire. — **M. J.-A. Le Bel** s'est proposé de soumettre à l'expérience l'idée énoncée par différents auteurs, à savoir que la chaleur des astres est un phénomène continu provenant de l'absorption d'un rayonnement de nature indéterminée émis par l'espace céleste. La Terre (et probablement les autres astres) étant composée d'un noyau métallique entouré d'une croûte isolante, on a examiné d'abord l'effet du rayonnement céleste sur des blocs de fonte, de bronze ou de plomb entourés de duvet. Deux thermomètres marquant le 1/100 de degré, et absolument comparables, étaient placés, l'un au centre du bloc, et l'autre extérieurement, le tout étant renfermé dans des caisses concentriques en bois munies de molleton ou de feutre. Dans ces conditions, on observe une élévation de 0°,04 dans l'intérieur du bloc métallique; mais, en même temps, on a remarqué que la grandeur du bloc n'augmente pas le chiffre observé et qu'il est encore indifférent que le bloc soit vide ou plein. On a remplacé alors le centre métallique massif par une lame d'or mince (0gr,5 par décimètre carré), formant une enceinte continue autour du thermomètre; cette lame produit un effet égal, mais on observe de meilleurs résultats si on la garnit extérieurement d'un enduit composé de protosulfure de fer pulvérisé et aggloméré par du vernis au bitume de Judée, le tout étant protégé par une couche de duvet; dans ces conditions, on peut observer un excès de température allant jusqu'à 0°,08. On obtient des résultats analogues avec le sulfure de zinc appelé wurtzite, mais cette expérience n'a pas été poursuivie, parce que la wurtzite n'est pas une partie constituante de l'écorce terrestre et ne répond pas aux données du problème, tandis que l'on doit admettre que le protosulfure de fer existe en abondance à la surface du noyau métallique de la Terre et des astres. Dans une seconde série d'expériences, on a enfermé les appareils et leurs thermomètres dans un cylindre en cuivre qui les isole du rayonnement des objets extérieurs et peut-être de celui de l'espace; dans ces conditions, la différence thermométrique devient très faible; mais elle reparaît si l'on superpose plusieurs enceintes (4 en or sans support intérieur, 4 en or collé sur du carton ou 7 en or collé sur du verre); on peut encore réaliser une différence thermométrique de 0°,02 à 0°,04. Les substances employées, qui sont exclusivement telluriques, paraissent donc accumuler dans l'enceinte centrale une certaine quantité de calorique. Pour les mettre à l'abri de l'oxydation, on avait enfermé les appareils dans des vases de verre bien mastiqués et renfermant de l'hydrogène pur et sec; néanmoins, quoique le fait soit peu probable, il est encore possible que quelques-unes de ces matières réagissent l'une sur l'autre, ou qu'elles se transforment isomériquement en dégageant des traces de calorique; par conséquent, les conclusions de l'auteur ne seront définitives que si le phénomène se continue indéfiniment avec une intensité comparable. L'auteur se propose de poursuivre cette étude, en particulier de préciser l'influence des supports internes à l'or (qui paraissent plutôt nuisibles), celle des matières rayonnantes garnissant l'intérieur du grand cylindre de cuivre et celle de la pression.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Sciences naturelles.

A. Agassiz : Sur la formation des barrières de récifs et des différents types d'atolls. — Les résultats présentés dans ce Mémoire sont basés sur des observations faites pendant ces vingt-cinq dernières années en Floride, aux Bermudes, aux îles Bahamas, à Cuba, à la Jamaïque et aux Indes occidentales.

Elles comprennent, dans le Pacifique : les Galapagos, les îles Hawaï, la grande barrière de récifs de l'Australie, les îles Fiji, les récifs et îles coralligènes de l'océan Pacifique tropical, des Marquises aux Touamotous, les îles de la Société, l'archipel de Cook, Niué, les îles Tonga, Ellice, Gilbert, les îles Marshall, les Carolines, le sud des îles Mariannes; dans l'océan Indien, les Maldives.

L'auteur a reconnu que la théorie de Darwin n'explique pas les conditions observées; mais ses rapports sont limités aux descriptions des différents types de récifs de coraux et aux causes auxquelles ils doivent probablement leur formation; il n'a pas essayé d'établir une théorie générale correspondante.

Si l'on s'occupe d'abord des barrières de récifs, on trouve que celles des îles Fiji, des îles Hawaï et des Indes occidentales entourent généralement des îles volcaniques et sont soutenues par des rochers volcaniques. Celles de la Nouvelle-Calédonie, de l'Australie, de la Floride, du Honduras et des Bahamas sont sou-

tenues par des morceaux détachés des masses de terre adjacentes, qui affleurent comme des îles et des îlots sur le bord extérieur des barrières de récifs. Quelques barrières de récifs des îles de la Société, des îles Fiji et des Carolines montrent que les larges et profondes lagunes qui les séparent de la terre ont été formées par érosion d'un large récif plat en bordure.

Des récifs formant ceinture, tels que ceux qui caractérisent spécialement les îles de la Société, ont, par rapport à leur île centrale, la même relation que la barrière de récifs a par rapport à la terre adjacente.

La dénudation et l'érosion sous-marine permettent d'expliquer la formation de plate-formes, sur lesquelles des récifs de coraux et d'autres organismes calcaires peuvent construire, soit des barrières de récifs, soit des récifs formant ceinture, soit même des atolls s'élevant sur une base volcanique dont la partie principale peut avoir disparu, comme dans les îles Fiji, les îles de la Société et les îles Carolines.

Si l'on passe maintenant aux îles élevées, en prenant comme type les îles Touamotous, les îles Fiji, Gilbert et les îles Mariannes, la plupart composées uniquement par des calcaires tertiaires, d'autres en partie calcaires et en partie volcaniques, on peut suivre les changements d'une île élevée, comme Niué ou Makatéa dans les Touamotous, à une île comme Niau, en passant par un intermédiaire comme Ranjiroa, ou comme la grande majorité des atolls dans les îles.

Les récifs plats et les récifs extérieurs bordant les îles élevées ont une relation particulière par rapport à elles; ce sont en partie des barrières de récifs et en partie des récifs de bordure. On peut aussi voir le passage de plateaux élevés comme Tonga, Guam et certaines îles des Fiji, en partie volcaniques et en partie calcaires, aux atolls, où un petit îlot ou une île plus grande, soit calcaire, soit volcanique, reste seul pour indiquer son origine. Les atolls peuvent aussi être formés sur le rebord dénudé d'un cratère volcanique, comme à Totoya et Thombia dans les Fiji, aussi bien que dans quelques volcans de l'est de Tonga.

Dans le groupe des îles Ellice, Marshall, et des îles de la Ligne, il y a un grand nombre d'atolls dont la base sous-jacente est inconnue et où l'on peut seulement suivre la formation du bord de terre de l'atoll; elle est due à l'action des vents alizés ou des moussons, qui changent constamment la matière superficielle (préparée par des organismes perforants) qui va former son rebord.

Beaucoup d'atolls dans le Pacifique sont simplement des trous peu profonds, formés par de hauts bancs de sable élevés autour d'une surface centrale.

A travers le Pacifique, l'océan Indien et les Indes occidentales, on trouve la preuve d'une élévation récente et modérée des récifs de coraux. Ce fait est prouvé par les soubassements, les sommets et les masses creusées en dessous de calcaire moderne ou tertiaire laissés là pour l'attester. La présence de sommets calcaires remplis d'alvéoles dans les lagunes des atolls, comme celle des bancs de sable, des îles, des îlots, montre l'étendue de l'action dissolvante de la mer sur des surfaces de terre qui avaient autrefois une plus grande étendue.

On voit partout des signes de cette action dissolvante parmi les récifs de coraux. La dénudation atmosphérique a joué un rôle important en abaissant des îles calcaires élevées au niveau de la mer, en les criblant de cavernes et en formant des trous étendus, qui ont été souvent pris pour des lagunes élevées.

On ne peut guère dire qu'il existe des atolls fermés. Niau, dans les Touamotous, se rapproche le plus de ce type, et encore sa lagune superficielle est alimentée par la mer à travers son enceinte poreuse. L'eau de la mer peut passer librement dans une lagune à marée basse sur de larges récifs plats peu profonds, là où il n'y a pas de passages. La surface terrestre d'un atoll est relativement faible comparée à celle des récifs plats à demi submergés. C'est particulièrement le cas dans les îles Marshall et les Maldives, où les surfaces terrestres sont réduites au minimum.

Le plateau maldivien, avec ses milliers de petits atolls, cercles ou récifs à lagunes s'élevant d'une profondeur variant de 20 à 30 toises, est un témoignage probant qui prouve que des atolls peuvent s'élever d'un plateau d'une profondeur convenable, en quelque lieu et de quelque manière qu'il puisse avoir été formé et quelle que puisse être sa structure géologique. Sur le plateau du Yucatan, il existe des conditions semblables en ce qui regarde la formation d'atolls, mais toutefois sur une échelle plus limitée.

Les grandes régions de récifs de coraux sont situées dans les limites des vents alizés et des moussons et des surfaces d'élévation, à l'exception des îles Ellice et Marshall et de quelques-unes des îles de la Ligne. L'étendue de l'élévation est montrée par les terrasses des îles élevées des Touamotous, Fiji, Tonga, Mariannes, Gilbert et des Indes occidentales ou par les lignes de cavernes de rochers indiquant les niveaux d'érosion marine.

Dans les régions examinées par l'auteur, la roche du récif moderne a une faible épaisseur, comprise entre les limites de profondeur à laquelle les constructeurs de récifs commencent à croître et celles où les bords de terre des atolls ou des barrières de récifs sont affectés par des causes mécaniques. Ce fait n'est pas en contradiction avec l'existence de coraux marins profonds solitaires, de colonies extensives d'*Oculina* et de *Lophohelia* à de grandes profondeurs, ni avec la formation de lits épais de calcaire corallifère pendant les périodes d'affaissement.

Les Marquises et les Galapagos et quelques îles de la Société et des Indes occidentales n'ont pas de coraux, quoiqu'elles soient dans les limites des aires coralligènes. Leur absence est due à la déclivité de leur rivage et à l'absence ou à la nature croulante de leurs plates-formes sous-marines. Les récifs de coraux ne peuvent pas croître non plus sur les faces raides des îles élevées de calcaire corallifère.

Les coraux acquièrent leur plein développement sur les faces des récifs qui sont tournées du côté de la mer; ils se développent modérément dans les lagunes où l'algue coralline pousse le plus luxurieusement. Les nullipores et les corallines forment une part importante dans les matériaux de construction des récifs.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance générale annuelle.

La Société procède au renouvellement de son Bureau. Sont élus :

Président : M. **R.-T. Glazebrook**;
Vice-Présidents : MM. **T.-H. Blakesley, J.-D. Everett, S. Lupton** et **J. Swinburne**;
Secrétaires : MM. **W.-R. Cooper** et **W. Watson**;
Secrétaire étranger : M. **S.-P. Thompson**;
Trésorier : M. **H.-L. Callendar**;
Bibliothécaire : M. **W. Watson**.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 18 *Mars* 1903.

M. A. C. Chapman a déterminé la composition de l'huile essentielle de houblon; il y a trouvé : du myrcène, $C^{10}H^{16}$, Eb. 166°-168°, de l'humulène, du linalol, de l'isononoate de linalyle, de petites quantités d'un diterpène et probablement des traces d'un éther du géraniol. Le myrcène et l'humulène forment les 80-90 °/₀ du total. — **M. A. C. Chapman**, en versant du dextrose en poudre dans une solution alcoolique de chlorure d'aluminium, puis en ajoutant de l'ammoniaque, a obtenu un précipité qui correspond à la formule $3C^6H^{12}O^6$, $5Al^2(OH)^6$. C'est une substance blanche amorphe, insoluble dans l'eau, soluble dans les acides dilués. — **MM. A. W. Crossley** et **P. Haas**, en traitant la

dihydrorésorcine par PCl^5, ont obtenu le 5-chloro-3-céto-Δ^4-tétrahydrobenzène, Eb. 104° sous 24 millimètres; par l'action de PCl^5, on obtient le 3 : 5-dichloro-$\Delta^{2:4}$-dihydrobenzène, Eb. 88°-90° sous 29 millimètres. — MM. **J. J. Dobbie**, **A. Lauder** et **C. K. Tinkler** ont observé que la cotarnine et ses sels en solution aqueuse ou alcoolique présentent un spectre d'absorption très marqué, avec deux larges bandes, l'une près de la limite de la région visible. Les spectres de la cotarnine en solution éthérée ou chloroformique, de l'hydrocotarnine, de l'éthoxycotarnine et du cyanure de cotarnine présentent une absorption générale moindre que les précédents et une bande plus éloignée de la région visible. Les substances de la première classe sont jaunes, celles de la seconde incolores. Les dernières ont une constitution carbinolique; en dissolvant la cotarnine dans l'alcool, la forme carbinol se change en forme hydrate d'ammonium quaternaire. — MM. **P. C. Ray** et **J. N. Sen**, en décomposant le nitrite mercureux par la chaleur dans le vide, ont observé le dégagement de bioxyde et de peroxyde d'azote, la formation de quelques cristaux de nitrate mercureux, d'un peu de mercure métallique et de nitrate basique, enfin celle d'oxyde mercurique. — M. **J. F. Spencer**, en traitant la pyridine par le tétroxyde d'azote, a obtenu une substance noire, soluble dans l'eau; cette solution donne bientôt un dépôt jaune amorphe, répondant à la formule $(C^5H^4Az^2O^2)^4$. Ce corps est soluble dans les acides et les alcalis; il se décompose avec explosion à 234°.

Séance du 25 *Mars* 1903.

Séance générale annuelle. La Société procède au renouvellement de son Bureau. Sont élus :

Président : M. **W. A. Tilden**;
Vice-présidents : MM. **W. R. Dunstan**, **P. F. Frankland**, **D. Howard**, **H. Mc Leod**, **R. Meldola** et **H. A. Miers**;
Secrétaires : MM. **A. Scott** et **W. P. Wynne**;
Secrétaire étranger : Sir **W. Ramsay**;
Trésorier : M. **H. T. Brown**.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 25 *Février* 1903.

M. **F.-W. Saxby**, en examinant en lumière polarisée de petites quantités de liquide pendant la cristallisation, a observé des cristaux pelliculaires jouissant de propriétés particulières. Les solutions de sulfate de cadmium, de brucine et de cinchonine présentent particulièrement bien ces phénomènes.

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 26 *Février* 1903.

M. **J. E. Stead** a étudié la ségrégation et la migration des solides dans les alliages et dans l'acier au-dessous du point critique. 1° A certaines températures voisines du point eutectique de l'eutectique fer-phosphore, mais inférieures, les deux constituants, quoique presque solides, sont capables d'émigrer d'un point à un autre. 2° Les grandes masses cristallines dans les solides ont une force attractive pour les particules plus petites de même espèce, et les amènent à elles dans des conditions convenables. 3° Dans les eutectiques ordinaires ou primaires, si la masse entière a la composition de l'eutectique, les constituants étant juxtaposés et également distribués, les attractions s'équilibrent et il n'y a pas de ségrégation, au moins pendant un chauffage de quarante-huit heures. 4° Une ségrégation secondaire active a lieu quand l'eutectique existe en aires isolées et est entouré de masses de substances de la même espèce qu'un de ses constituants. 5° Dans la perlite eutectique secondaire, à des températures inférieures au point eutectique, les constituants ont la même tendance à émigrer et à se ségréger.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 5 *Mars* 1903.

M. **Vogel** rend compte de ses recherches sur les spectres stellaires. En perfectionnant les dispositifs spectroscopiques, il a réussi à obtenir des photographies de spectres stellaires d'une rare beauté et extrêmement riches en détails, photographies prises, depuis 1900, à l'Observatoire astrophysique de Potsdam et qui servaient essentiellement à déterminer le mouvement des astres dans la ligne visuelle. Les mesures de précision qu'il vient de faire sur ces dernières, au point de vue surtout de la largeur de certaines lignes spectrales, lui permettent de formuler des conclusions relativement à la constitution physique de l'atmosphère des étoiles. — MM. **E. Hagen** et **H. Rubens** ont étudié les relations qui existent entre le pouvoir réflecteur et la conductivité électrique des métaux[1]. — M. **M. Planck** a été conduit, par les expériences des deux physiciens précédents, à déduire de la théorie de Maxwell les propriétés optiques des métaux, et notamment le pouvoir réflecteur et le coefficient d'extinction, dans la simple hypothèse que les phénomènes sélectifs provenant des vibrations propres des molécules sont négligeables, la conductivité déterminant seule l'ensemble des particularités optiques. Ces calculs, dont les résultats s'accordent parfaitement avec les expériences de MM. Hagen et Rubens, constituent un précieux appui de la théorie électromagnétique de la lumière.

Séance du 12 *Mars* 1903.

M. **R. Assmann** présente ses observations sur les inversions de température, faites à l'Observatoire aéronautique, près de Berlin. Ce phénomène, qui, autrefois, n'était observé que rarement et accidentellement dans les montagnes, a, dans ces dernières années, été reconnu comme un phénomène tout à fait ordinaire et qui se présente même fréquemment dans l'atmosphère libre. Ces inversions consistent en ce qu'une température est supérieure à celle des couches voisines inférieures. L'auteur constate, au moyen d'ascensions de cerfs-volants et de ballons-sondes, que ces inversions se présentent dans 47,3 °/₀ des cas étudiés. Il semble que les conditions atmosphériques, et notamment la répartition des pressions, influent sur la fréquence de ce phénomène, qui s'observe de préférence dans les couches intermédiaires entre 200 mètres et 1.500 mètres, tandis qu'au-dessus de 2.500 mètres il ne se présente plus guère. La valeur numérique de ces inversions, de 1°74, par 100 mètres d'élévation, pour les couches situées entre 40 mètres et 200 mètres, diminue avec la hauteur d'une façon assez régulière; l'épaisseur verticale des couches d'inversion est, en général, inférieure à 500 mètres. L'auteur observe d'autre part que les zones de passage entre les anti-cyclones et les cyclones sont tout particulièrement favorables, tant à la fréquence qu'à la valeur numérique des inversions. Les inversions fort élevées qu'on observe au voisinage des cyclones sont surtout remarquables. Dans 57 des cas étudiés, l'auteur trouve une intéressante coïncidence entre ces phénomènes et les pluies considérables qui, la veille, s'étaient abattues sur l'ouest, le sud-ouest ou le sud de l'Europe; il paraît donc plausible d'admettre une liaison de cause à effet entre les deux phénomènes, liaison vraisemblable aussi en raison de considérations d'un ordre théorique. L'auteur croit nécessaire de compléter l'ensemble de ses données expérimentales par des ascensions plus nombreuses et qui seraient poussées à des élévations plus considé-

[1] Ces recherches ont également été présentées à la séance du 6 mars de la *Société allemande de Physique* (voir le compte rendu de cette dernière, p. 468).

rables; ce n'est qu'alors qu'il sera possible de donner la théorie complète de ces phénomènes, dont l'importance pour la statique et la dynamique de l'atmosphère est évidente. — **M. W. Salomon** a étudié les gisements et l'âge de la tonalithe de l'Adamello. Il paraît que celle-ci présente tant de particularités que l'auteur propose de la désigner sous le nom d'*ethmolithe*. Malgré les réserves récemment formulées, M. Salomon maintient l'opinion que la période tertiaire serait la période d'intrusion de la tonalithe.

Séance du 26 *Mars* 1903.

M. G. Frobenius développe en détail la théorie des unités caractéristiques d'un ensemble, en étudiant plus particulièrement celles qui se déduisent des unités d'un ou de deux ensembles secondaires. Ces unités se déterminent, dans le cas des ensembles symétriques, d'une façon tout particulièrement simple en partant de deux ensembles secondaires, correspondant à deux décompositions associées du degré en termes positifs. Après avoir calculé par leur moyen les caractères de cet ensemble, l'auteur compare ces valeurs avec celles qu'il a autrefois trouvées par un procédé différent. — **M. van't Hoff** continue ses études sur le mode de formation des dépôts de sels océaniques. L'auteur, en collaboration avec **M. H. Barschall**, constate que la glasérite, l'arcanite et l'aphthalose sont des termes d'une série isomorphe, intermédiaire entre les sulfates de potassium et de sodium, mais qui n'atteint pas ces termes limites. Lorsqu'il y a saturation quant au chlorure de sodium, et à la température de 25°, $(2/3\ K\ 1/3\ Na)^2\ SO^4$ correspond à la composition observée par M. Kubierschky. Une seconde série isomorphe, correspondant à l'astracanite et à la léonite, se rattache aux termes limites et n'atteint, d'accord avec les résultats de M. Kœchlin, qu'une faible teneur en potassium. La léonite est, au contraire, capable d'absorber une quantité considérable de sodium, représentée, à la limite, par la formule $(3/2\ K\ 1/2\ Na)\ Mg\ (SO^4)^2 .\ 4H^2O$. — **M. F. Tobler** a fait des recherches sur le polymorphisme des Algues marines. L'auteur traite de l'influence qu'exercent les facteurs extérieurs sur la croissance des Orchidées et discute la formation de différents types sous l'action des conditions d'existence, variables suivant l'endroit et la saison. — **M. Engler** présente à l'Académie les fascicules 12 et 13 de « *Das Pflanzenreich* », dont le premier contient l'étude des *Orchidacées Pléonandrées*, par M. Pfitzner, le dernier celle des *Eriocaulacées*, faite par M. W. Ruhland. M. Pfitzner se propose de continuer l'étude des *Orchidacées*, soit seul, soit avec le concours d'autres collaborateurs.

A. GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 6 *Mars* 1903.

M. G. Quincke expose les résultats des recherches qu'il vient de faire sur la nature des cristaux. Ce savant a récemment fait voir que les colloïdes sont susceptibles de donner deux espèces de solutions aqueuses, dont l'une, pauvre en eau, est fort visqueuse, tandis que l'autre renferme beaucoup d'eau et, en conséquence, est moins visqueuse. La première solution, amenée au contact de la solution riche en eau, y donne naissance à la production de cellules écumeuses de forme régulière, remplies de solution fortement aqueuse; ces phénomènes sont dus à la tension superficielle se manifestant à la limite de ces deux liquides. Or, M. Quincke démontre que les sels sont capables de se comporter d'une façon analogue, différente seulement au point de vue quantitatif; c'est ainsi qu'il faudrait regarder la structure cristalline comme le résultat de la solidification de ces cellules formées sous l'influence de la tension superficielle à la limite des deux solutions huileuse et riche en eau. L'examen microscopique révèle, en effet, à l'intérieur de beaucoup de cristaux, des creux sphériques, ressemblant parfaitement aux bulles qui se produisent au sein des solutions colloïdales; les parois de ces creux sont en partie planes et se coupent sous des angles caractéristiques de la forme cristalline. Ces mêmes sphères, bulles, masses écumeuses ou cristaux peuvent, du reste, se dégager des fontes vitreuses. L'auteur pense que les verres rubis récemment étudiés par **MM.** Siedentopf et Zsigmondy[1] renferment des cristaux d'or répartis sur des surfaces écumeuses. La structure de la porcelaine de Réaumur présente également les caractères des cellules écumeuses précitées, et les veines blanches du marbre gris seraient encore dues à des phénomènes analogues. Il y aurait continuité parfaite entre la structure cellulaire des matières organique et inorganique, continuité démontrée aussi par les phénomènes optiques que ces différentes cellules présentent dans une lumière polarisée. Les cellules organiques, les « sphéro-cristaux » et les cristaux, ne se distingueraient que quant à la grandeur. — **M. F. Neesen** revient sur le procédé photographique qu'il a récemment indiqué pour déterminer la vitesse des projectiles; il fait voir comment on peut évaluer la direction de l'axe du projectile au bout de son parcours. — **MM. E. Hagen** et **H. Rubens** ont tâché d'établir l'accord entre les propriétés optiques des métaux et les principes de la théorie électromagnétique de la lumière. Attribuant l'insuccès des efforts d'autres physiciens au fait que les vibrations moléculaires des métaux, dont la théorie ne tient aucun compte, exercent une influence perturbatrice fort notable dans le cas des petites longueurs d'onde, les auteurs étudient les propriétés optiques de plusieurs métaux dans le spectre infra-rouge. Il résulte de ces recherches qu'à partir de 8 μ, les courbes représentatives du pouvoir réflecteur ne se coupent plus, c'est-à-dire que l'ordre des métaux rangés suivant ce coefficient reste constant; ceci est, bien entendu, encore vrai du pouvoir transmetteur. Les auteurs établissent un accord parfait entre les données de l'expérience et une formule que M. Planck vient de déduire de la théorie électromagnétique, à savoir que le produit du pouvoir transmetteur par la racine carrée de la conductibilité électrique du métal est constant et égal à 10,2. — **M. K. Scheel** a étudié, par la méthode de Fizeau, la dilatation du quartz amorphe. Voici les résultats des essais faits sur deux échantillons :

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}322 \times 10^{-6} \times t + 0{,}00147 \times 10^{-6} \times t^2).$$

La partie linéaire de cette dilatation n'est que la trentième partie du terme correspondant du platine, tandis que la courbure de la courbe représentative est du même ordre dans les deux cas. Ce corps est fort important par les applications variées auxquelles il se prête en raison de sa faible dilatabilité thermique. — **M. E. Meyer** communique un résumé de sa thèse inaugurale sur l'absorption du rayonnement ultra-violet par l'ozone. Il s'est servi d'une méthode indiquée par **MM.** Elster et Geitel, et perfectionnée par M. Kreusler, revenant à employer la sensibilité photo-électrique des piles à électrodes d'aluminium, de cadmium ou d'or, pour comparer les puissances lumineuses. Les résultats font voir l'existence d'un minimum d'absorption, correspondant à $\lambda = 205\ \mu\mu$, ainsi que d'un maximum coïncidant avec $\lambda = 256\ \mu\mu$. Les coefficients d'extinction, déterminés pour une même longueur d'onde, mais pour des concentrations variables, se sont montrés très sensiblement constants. Ces résultats confirment, d'autre part, l'hypothèse de M. Hartley, suivant laquelle le fait que le spectre solaire se termine d'une façon plus ou moins brusque pour $\lambda = 293\ \mu\mu$ serait dû à l'absorption par l'ozone des rayons du Soleil. En supposant que l'ozone seul exerce une absorption notable sur ces rayons, l'auteur démontre, en effet, que l'intensité du rayonnement transmis par l'atmosphère tombe brusquement pour une longueur d'onde voisine de la limite précitée.

A. GRADENWITZ.

[1] Voir la chronique de la *Revue* du 15 Mars.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 5 Mars 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. G. Pick** : Représentation invariante des équations différentielles linéaires.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. L. Satke** : La période diurne et la variation de l'humidité à Tarnopol. — **M. H. von Juptner** a constaté que la décomposition d'Az^2O^4 en AzO^2 est déjà presque complète à 130°; à faible pression, la décomposition de AzO^2 en AzO et O^2 est déjà sensible à 50° C. — Le même auteur présente une étude sur l'équilibre des réactions $CO^2 + C \rightleftarrows 2CO$ et $CO^2 + H^2 \rightleftarrows CO + H^2O$, où il rectifie quelques données des travaux de Boudouard. — MM. **M. Bamberger** et **A. Landsiedl** ont constaté l'existence, dans des échantillons de *Lycoperdon Bovista* et de *L. pusillum*, d'une quantité remarquable d'urée (3,5 °/₀). Ils pensent qu'il s'agit là d'un phénomène anormal, dont ils vont rechercher la cause. — **M. M. Fischler** a trouvé, dans la bile des Bovidés, une nouvelle matière colorante, qu'il nomme bilipurpurine et dont il décrit les principales propriétés. — **M. O. von Furth** a reconnu l'identité de sa suprarénine avec l'adrénaline de Takamine. L'analyse d'un produit très pur lui a donné des résultats qui confirment la formule d'Aldrich, $C^9H^{13}AzO^3$. La suprarénine contient un goupe méthylimide, mais pas de groupe méthoxyle. Elle est très instable; les alcalis chauds la transforment en une substance $C^8H^9AzO^2$, pendant qu'il se dégage une base volatile. Par fusion avec la potasse, on obtient de l'acide protocatéchique. La formule développée est probablement la suivante : $[(CH)^3Az.C^2H(OH)].C^6H^3(OH)^2$.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. G. Schwarz** a observé que les rayons de Röntgen possèdent, comme les rayons lumineux, la propriété de décomposer, dans les plantes vivantes, l'acide carbonique en carbone et oxygène. — **M. O. Porsch** : Étude de l'appareil d'écartement des ouvertures des plantes submersibles.

Séance du 12 Mars 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. J. Plemelj** : L'emploi de l'équation fonctionnelle de Fredholm dans la théorie du potentiel.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. F. M. Exner** expose une théorie des courants d'air verticaux qui le conduit aux résultats suivants : A l'état stationnaire, une basse pression produit à la surface de la Terre un courant d'air ascendant, à une certaine hauteur un courant descendant; une haute pression produit en bas un courant descendant, en haut un courant ascendant. Inversément, lors d'un courant ascendant, la pression est basse en haut, élevée en bas; lors d'un courant descendant, la pression est élevée en haut, faible à la surface de la Terre. — **M. H. Benndorf** communique le résultat de ses observations faites à la mine de Pribram avec deux séismographes pendulaires astatiques de Wiechert. Les deux appareils ont été placés l'un à la surface de la Terre, l'autre à une profondeur de 1.115 mètres. Du 24 février au 6 mars, ils ont enregistré chacun de nombreux mouvements microséismiques; l'appareil inférieur présente des mouvements plus faibles. Les deux appareils ont enregistré le 26 février un grand tremblement de terre dont l'épicentre devait être à 4.000 kilomètres. Les courbes des deux appareils sont identiques; celles d'en bas ont une amplitude un peu plus faible. — **M. J. Billitzer** signale quelques difficultés et contradictions qui se présentent lorsqu'on applique l'hypothèse de la double couche électrique à la formation de différences de potentiel entre des particules et une solution. Il abandonne cette hypothèse et arrive à expliquer toutes les particularités par l'emploi des phénomènes électromoteurs. — Le même auteur a étudié la production d'électricité par le déplacement d'un corps solide dans un liquide. Il s'est adressé à une lame d'argent dans une solution d'un sel d'argent. L'effet est proportionnel à la longueur de l'espace de chute et inversement proportionnel à la somme des résistances. La suite des potentiels dans le tube est représentée par une courbe logarithmique.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. H. Molisch** a photographié des colonies lumineuses de *Micrococcus phosphoreus*, au moyen de leur propre lumière, dans un temps relativement court (5 minutes). Il a pu photographier des objets au moyen de cette lumière bactérienne en se servant d'un ballon dont les parois intérieures sont recouvertes de gélatine peptonisée, ensemencée avec le *M. phosphoreus*; cette lampe vivante dure 2 à 3 semaines à la température de 10°. La lumière de cette lampe ne traverse pas le bois et le carton; mais divers bois donnent d'eux-mêmes, sans lumière, lorsqu'ils sont placés sur la plaque photographique, des images fortes montrant les anneaux annuels, les rayons de moelle, la séparation entre le bois et l'écorce. — **M. F. Groyer** communique ses recherches sur l'anatomie comparée du muscle orbitaire et du muscle palpébral.

Séance du 19 Mars 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. G. Kohn** : Sur les cubiques de l'espace. — **M. G. von Niessl** a cherché à déterminer la trajectoire du météore observé dans les Alpes orientales le 27 février 1901. Le radiant paraît s'être trouvé dans le Petit Lyon, par 157°,2 ± 2°,3 d'ascension droite et 23°,6 ± 1°,6 de déclinaison nord. La trajectoire géocentrique s'est terminée vers l'horizon par un azimut de 265°,3. La vitesse géocentrique paraît avoir été de 38 kilomètres. — **M. G. Jäger** indique deux nouvelles hypothèses par lesquelles on peut arriver aux lois de Maxwell sur la répartition des vitesses des molécules gazeuzes.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. L. Schneider** : Etude de la solubilité de quelques sels et mélanges de sels dans l'eau. — **M. A. Wogrinz** a recherché la constitution de l'aldol obtenu par condensation des aldéhydes acétique et isovalérique. L'étude de son produit d'oxydation montre qu'il répond à la formule CH^3. CHOH. CH (CHO). CH $(CH^3)^2$. L'auteur a également préparé synthétiquement les deux acides α-diméthyl-β-oxy et β-oxy-γ-diméthyl-butyriques isomères. — **M. R. Foerg** a cherché à transformer les deux bioses maltose et lactose en méthylglucosides par l'action de HCl en solution d'alcool méthylique, mais les produits obtenus n'ont pu être isolés. — **M. H. Schrötter**, par l'action du brome en excès sur la cholestérine, a obtenu un nono et un hexabromure de déhydrocholestérine $C^{27}H^{43}Br^{5}O$ et $C^{27}H^{36}Br^{6}O$, qui fournissent par réduction un dibromure $C^{27}H^{40}Br^{2}O$. — **M. Zd. H. Skraup** a étudié la transformation de Pasteur, transposition qui se produit dans les alcaloïdes du quinquina quand on les soumet à l'action de la chaleur. La β-*i*-cinchonine et la β-*i*-cinchonicine qui en dérive par cette transformation fournissent par oxydation une seule et même base, isomère du méroquinène, le β-*i*-méroquinène. Le même auteur explique par la formule de la cinchonine de König certaines anomalies, attribuables à des empêchements stériques, de l'α-*i*, de la β-*i* et de l'allocinchonine. — **M. S. Fränkel** décrit une méthode simple de préparation de l'histidine, basée sur sa précipitation à l'état de combinaison mercurique. L'histidine serait, d'après l'auteur, l'acide aminométhyldihydropyrimidinecarbonique; elle représente le passage des albuminoïdes au groupe purique et à l'acide urique.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Mars 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. Millosevich** transmet à l'Académie ses observations des comètes *d* Giacobini 1902 et *a* Giacobini 1903. — Dans une note publiée en 1900, M. Bianchi s'est occupé de la construction d'une fonction harmonique dans tout l'espace hyperbolique, lorsque l'on en a établi les valeurs à l'in-

fini. M. **Tubini** a repris cette question et il démontre qu'il est possible de résoudre le problème plus simplement et sans sortir de l'espace hyperbolique. — M. **Picciati**, qui, dans une note précédente, avait déterminé le champ électro-magnétique engendré par une charge électrique *m* en mouvement circulaire uniforme, considère la condition que la charge soit en mouvement circulaire uniforme parallèlement à un plan conducteur indéfini homogène, en prenant l'éther comme milieu. — M. **Dall'Acqua** expose le résultat de ses recherches sur les ternes orthogonales de congruences à invariants constants. Les ternes sont constituées par des hélices d'un tour égal, s'enroulant sur des cylindres circulaires, dont les axes sont parallèles à une droite fixe. Toutes les ternes de cette espèce sont individualisées, à moins d'un déplacement rigide, par trois paramètres; en conséquence, il en existe une triple infinité; ∞^3 forment entre elles et avec une terne rectiligne des angles constants, et possèdent en commun la propriété d'avoir égale la somme des torsions des lignes des trois congruences. Les hélices d'une même congruence sont superposables. Si l'on associe en chaque point la normale principale à l'hélice qui y passe et (sur cette dernière) le centre de courbure de l'hélice, l'on obtiendra une double infinité (non triple) de droites distinctes, qui, avec celle des axes des cylindres, appartient à une terne rectiligne, qui fait des angles constants avec la congruence donnée. Aux points d'une droite parallèle aux axes des cylindres, se trouvent alors associées les génératrices d'un hélicoïde rayé d'aire minime, et les centres de courbure décrivent une hélice égale à celle de la congruence.

2° Sciences physiques. — Les méthodes actuellement connues pour la production de rayons de force électrique à polarisation rotatoire ont pour point de départ des phénomènes de réflexion métallique, de réflexion double. M. **Artom**, en vue des applications des oscillations électriques, a cherché une disposition qui donne directement des rayons de force électrique à polarisation elliptique ou circulaire; il décrit la méthode qu'il a trouvée et qui est fondée sur la composition de deux oscillations orthogonales, d'une même ampleur et fréquence, déplacées entre elles d'un quart de période. — M. **Guglielmo** donne la description d'un système très simple, qui permet d'agiter un liquide dans un récipient complètement fermé. Il suffit de mettre dans le récipient, avant de le fermer, des ailettes fixes, convenablement disposées; lorsque l'on imprime au récipient des rotations en sens contraire, les ailettes frappent contre le liquide immobile, et produisent le même effet que si le récipient était immobile et les ailettes tournantes. Cette disposition est d'une application facile et donne de bons résultats dans la détermination de l'équivalent mécanique de la calorie, dans le calorimètre solaire, dans le dilatomètre, et pour le thermomètre et le pyromètre à ailettes. — Des cinq oxydes de l'azote que l'on connaît, le seul que l'on n'ait pas réussi à isoler et à étudier à l'état de pureté absolue est le trioxyde ou anhydride nitreux. M. **Helbig**, en produisant des décharges électriques dans l'air liquide, a réussi à obtenir le trioxyde d'azote très pur, et en a étudié les propriétés. M. Helbig, après avoir décrit l'appareil qui lui a servi pour ses recherches, signale le fait que l'anhydride nitreux en suspension dans l'air liquide rappelle l'aspect du précipité d'hydrate chromique; après élimination de l'air liquide, il prend l'aspect d'une poudre amorphe, d'une couleur azurée très pâle. Le point de fusion de l'anhydride est à — 111°; en fondant, il devient d'un bleu très foncé qui persiste lorsque, à l'aide de l'air liquide, on recommence à le solidifier. Dans une deuxième note, M. Helbig donne des détails sur la nouvelle synthèse qu'il a imaginée de l'anhydride nitrique, déjà obtenu, au moyen de différentes réactions, par Sainte-Claire Deville et par Weber. M. Helbig a préparé l'anhydride nitrique en faisant réagir l'ozone sur l'hypoazotide, et l'a obtenu sous forme d'une substance blanche et volatile, suffisamment stable lorsqu'on la conserve sous une lumière faible; ce corps fond vers 30°.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Février 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. de Vries** : *Les sphères de Monge de faisceaux de quadriques.* Les sphères orthoptiques d'un faisceau ordinaire de quadriques forment un système à indice 3, ce qui veut dire qu'un point quelconque de l'espace se trouve sur trois de ces sphères. Ce système de sphères à indice 3 admet une sphère coupant sous un angle droit toutes les sphères du système. Cette sphère orthogonale contient toutes les sphères à rayon zéro du système, les sommets des quatre cônes du faisceau des quadriques, les centres des deux hyperboloïdes équilatéraux du faisceau. Le lieu du centre des sphères orthoptiques est une cubique gauche. Au contraire, les sphères orthoptiques d'un faisceau tangentiel de quadriques forment un faisceau.

2° Sciences physiques. — M. **W. H. Julius** : *Explication de quelques propriétés particulières et de variations des raies de Fraunhofer par la dispersion anomale de la lumière du Soleil dans la couronne.* Les expériences de L. E. Jewell, en 1896, ayant trait à la coïncidence des raies de Fraunhofer avec les raies d'émission des métaux, ont surtout fixé l'attention sur la variabilité du spectre solaire. Sous ce rapport, on ne comprend pas les déviations se présentant dans le spectre des taches et des facules, et dues à des perturbations en des parties relativement petites du corps solaire, mais les variations que montre la lumière solaire moyenne observée quand la fente est éclairée par une bande étendue d'une image imparfaite du Soleil. D'après le principe de Döppler, on doit observer alors des déplacements des raies à cause de la rotation du Soleil autour de son axe, de la rotation diurne de la Terre et de la variation de la distance du Soleil à la Terre. Mais, même en tenant compte de toutes ces circonstances, il reste encore des irrégularités. M. Jewell a d'abord remarqué que quelques raies de Fraunhofer coïncident parfaitement avec des raies d'émission du spectre de l'arc électrique des éléments, tandis que d'autres raies ne montrent qu'approximativement cette coïncidence, et que les déplacements diffèrent non seulement d'élément à élément, mais aussi pour les raies d'un même élément. De plus, il a trouvé quelquefois une différence entre les déplacements de quelques raies et ceux d'une autre série prise à un temps différent. Enfin, il a remarqué que l'intensité même de quelques raies subit une variation de temps à autre. D'après M. Jewell, l'explication de ces phénomènes doit se baser sur certaines hypothèses sur la densité, la pression et la température des gaz absorbants et émissifs des couches différentes de l'atmosphère solaire et sur la différence de vitesse des gaz ascendants et descendants. En 1902, M. G. E. Hale a décrit un spectre solaire anormal présentant des déviations beaucoup plus grandes que celles observées par Jewell. Ce spectre, photographié en février 1894, contient des phénomènes si extra-ordinaires que M. Hale a hésité longtemps à le publier. Sur une même plaque se trouvaient réunies douze images du spectre de troisième ordre d'un réseau plan. Une image du Soleil de 51 millimètres avait été posée de manière que l'image d'une tache tombât sur la fente. La longueur de la fente ($6^{mm},5$) s'élevait environ à un huitième du diamètre de l'image solaire. Les premières images montrent le spectre solaire normal, sans déviations remarquables. Ensuite, la perturbation se manifeste; elle atteint son point culminant à la huitième image pour s'effacer rapidement dans les dernières images. La partie la plus anormale montrait les déviations suivantes : 1° La bande de la tache est extrême-

ment affaiblie; 2° L'intensité d'un grand nombre de raies de Fraunhofer est amoindrie sensiblement, ou bien la largeur de ces raies est diminuée. Ce phénomène est extrêmement évident pour les bandes du calcium H et K larges et noires, et pour la raie de l'hydrogène Hδ; 3° Au contraire, d'autres raies de Fraunhofer y montrent une intensité excessive; 4° Plusieurs raies ont subi des déplacements. M. Julius démontre que la cause indiquée par M. Jewell ne peut rendre compte du phénomène observé par M. Hale; il a cru devoir chercher ailleurs sur le chemin parcouru par la lumière. D'après lui, on a affaire à une variation de la constitution du faisceau de lumière provenant de la dispersion anomale dans l'atmosphère solaire. Cette idée admet une pierre de touche quant à sa véracité. Il y a quelque temps, M. Julius a démontré que les propriétés de la lumière chromosphérique s'expliquent en supposant que c'est la dispersion anomale qui a séparé la lumière chromosphérique de l'autre lumière émise par la photosphère. D'après cette hypothèse, le spectre chromosphérique nous fait connaître les espèces de lumière à trajectoire relativement fort recourbée. Si c'est encore la dispersion anomale qui cause les déviations spectrales extraordinaires observées par M. Hale, les mêmes rayons de lumière accusés par le spectre chromosphérique doivent jouer un rôle important dans le spectre décrit observé en février 1894. En effet, dans ce dernier spectre étaient affaiblies ces raies de Fraunhofer qui causent une dispersion anomale forte. Pour H, K, Hδ et quelques raies du fer, on voit distinctement qu'en effet la partie la plus claire est formée par la région où l'obscurité du spectre ordinaire est due non pas à l'absorption, mais à la dispersion. De plus, la trace de la tache a disparu presque entièrement. Cela signifie que les espèces de lumière faisant défaut dans les cas ordinaires dans le spectre de la tache à cause de leur dispersion se sont réunies, pendant la perturbation, dans le faisceau qui atteint l'instrument. On verra tout de suite comment cela est possible, si l'on sait indiquer une cause plausible par laquelle les rayons fortement dispersés ont pu se réunir dans un angle visuel assez grand pour contenir une partie considérable du disque solaire. Pour cela, on n'a pas besoin d'une nouvelle hypothèse. D'après les dernières recherches sur la condition physique du Soleil, la partie de la couronne tournée vers la Terre à un instant quelconque peut être comparée grossièrement à un faisceau de tubes parallèles de verre dont les axes sont dirigés vers la Terre. Cette structure offre cette particularité de faire converger des rayons vers l'un des deux bouts en des directions différentes, et de les conduire à travers les tuyaux. La figure 1 cherche à rendre compte de la densité variable du milieu par les distances mutuelles des droites verticales. A travers ce milieu, des rayons de lumière pour lesquels le milieu a un indice de réfraction très grand ou très petit se meuvent suivant des sinussoïdes AA et BB; au contraire, un rayon à indice de réfraction égal à l'unité ne se soucie pas des variations de densité du milieu, et se meut en ligne droite CC. Comme la couronne admet quelquefois à peu près en direction équatoriale des saillies très allongées, on n'a qu'à supposer qu'au moment de la photographie de M. Hale la Terre se trouvait précisément dans l'allongement d'une de ces saillies pour trouver une explication satisfaisante des phénomènes.

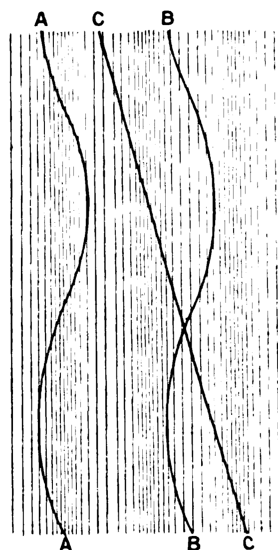


Fig. 1. — *Schéma de la marche des divers rayons lumineux à travers la couronne.*

— M. **H. Kamerlingh Onnes** : *Méthodes et ressources en usage dans le Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde.* Suite de la troisième communication. (Voir *Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, p. 112.) 3. Moyens d'obtenir des bains d'une température invariable très basse (suite). Forme modifiée de cryostat pour des appareils de petites dimensions. 4. Bain permanent d'azote liquide sous des pressions ordinaires et plus petites. 5. Construction d'une pompe-vacuum Burckhardt-Weiss pour la circulation de températures basses. — Ensuite M. Onnes présente au nom de M. **J. E. Verschaffelt** : *Contribution à la connaissance de la surface* Ψ *de van der Waals.* 7. L'équation d'état et la surface Ψ à la proximité immédiate de la condition critique pour des mélanges binaires dans le cas où l'une des deux substances ne se présente qu'en petite quantité. Troisième communication. (Voir *Rev. gén. des Sc.*, t. X, p. 844 et t. XIII, p. 1048). 15. La surface Ψ à la proximité immédiate du point de plissement. 16. Application à un cas particulier. La particularité que, des huit cas théoriques de M. Korteweg (*Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, p. 343), le cas 8 fait défaut n'est pas une loi générale, mais une simple conséquence des valeurs particulières des coefficients de son équation d'état. — M. J. D. van der Waals présente au nom de son fils, M. **J. D. van der Waals Jr.** : *La variabilité de la quantité* b *de l'équation d'état avec la densité.* De plusieurs manières, on a démontré que l'influence de l'extension des molécules sur la forme de l'équation d'état, dans le cas de molécules sphériques parfaitement dures et élastiques, se traduit dans une première approximation par une diminution du volume V du gaz de quatre fois le volume des molécules. En appelant une sphère concentrique à la molécule et de rayon double la sphère distantielle de la molécule, on peut donc dire tout aussi bien qu'il faut diminuer V de la moitié du volume total des sphères distantielles, quantité indiquée ordinairement par b, ou, si l'on fait attention aux variations provenant du changement de densité, par b_∞. L'influence d'une seconde approximation, où l'on tient compte des secteurs communs à deux sphères distantielles, a été évaluée par M. van der Waals (père) à

$$\frac{17}{32}\frac{b^2_\infty}{V},$$

et par M. Boltzmann à

$$\frac{3}{8}\frac{b^2_\infty}{V}.$$

Ici, M. van der Waals (fils) montre que la valeur

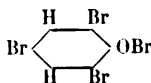
$$\frac{17}{32}\frac{b^2_\infty}{V}$$

est à rejeter; il déduit, par une méthode plus courte, la valeur

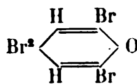
$$\frac{3}{8}\frac{b^2_\infty}{V}.$$

— MM. **C. A. Lobry de Bruyn** et **E. Cohen** : *Le pouvoir conducteur de l'hydrazine et de ses solutions.* Les propriétés physiques de Az^2H^4 libre, quoiqu'encore imparfaitement connues, mènent à la présomption que ce fluide jouit d'un pouvoir ionisant assez fort. A l'aide d'expériences faites avec un appareil nouveau, construit de manière à obtenir encore des résultats avec des quantités excessivement petites de la substance, les auteurs ont prouvé que l'hydrazine est comparable à l'eau quant à son pouvoir ionisateur. Par rapport aux mélanges avec de l'eau, ils trouvent que l'addition de l'eau diminue d'abord le pouvoir conducteur jusqu'à un minimum (25 centièmes H^2O et 75 centièmes Az^2H^4),

pour le faire accroître ensuite. — M. W. H. Julius présente au nom de MM. **E. Cohen** et **Th. Strengers** : *Le poids atomique de l'antimoine*. Les auteurs ont répété et étendu les investigations de Popper datant de 1886; ils se sont servi de solutions de $SbCl_3$ dans l'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,12 à 15° C. ; les concentrations variaient de 2,3 à 83,3 °/₀. Ils trouvent entre ces limites une variation du poids atomique de 120,87 à 121,89. D'après leurs résultats, il est impossible de fixer le poids atomique de l'antimoine à l'aide de l'électrolyse des solutions de $SbCl_3$; il en résulte que les valeurs de Popper, mises au même niveau scientifique que les résultats de Schneider, Cooke et Bongartz, par M. Ostwald, ne sont que des valeurs fortuites, dépendant de la concentration des solutions. — M. Lobry de Bruyn présente au nom de **M. A. H. J. Belzer** : *La vitesse de transformation du tribromophénol bromé en tétrabromophénol.* Recherches en rapport avec les formules :



(donnée en 1879, par Benedikt) et



(donnée il y a quelques années, par M. J. Thiele). Influence de la concentration de l'acide hydrosulfurique, de la quantité d'acide et de la température.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. J. L. C. Schroeder van der Kolk** : *Les sympathies et les antipathies des éléments des rochers.* Compte rendu d'une étude qui va paraître dans les Mémoires de l'Académie. — **M. A. W. Nieuwenhuis** : *L'influence des variations des circonstances vitales sur le développement physique et psychique de la population du Bornéo central.* Pendant son second voyage à travers l'île Bornéo, l'auteur a vécu parmi deux groupes du même peuple, séparés pendant plus d'un siècle par des circonstances climatologiques très différentes : les Bahaux du Makaham supérieur, où l'auteur resta deux années, et les Kènjas du Kajan supérieur, où il séjourna quelques mois. Il attire l'attention sur les divergences de mœurs, d'idées, de conditions sanitaires, etc., de ces deux tribus. — **M. J. M. van Bemmelen** : Rapport annuel de la Commission géologique pour 1902. — **M. J. W. Moll** présente la thèse de **M. J. C. Schoute**, intitulée « Die Stelär-Theorie », et fait connaître le contenu principal de ce travail paru à Groningue (P. Noordhoff), et à Jena (G. Fischer).

P. H. SCHOUTE.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE STOCKHOLM

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **S. Malmqvist** : *Orbite de la planète* (429). Voici les éléments de l'orbite de cette planète, découverte en 1897, à Nice, par M. Charlois :

Epoque : 24 novembre 1897.

	HEURE MOYENNE DE BERLIN
M_0	39° 3′ 27″ 46
ω	144 17 49,26
Ω	220 43 30,74
i	7 55 11,08
φ	8 22 14,31
μ	8 37,953
$\log \alpha$	0,4178578

— **M. C.-W. Oseen** : *Sur un cas de mouvement tourbillonnaire au sein d'un liquide.* L'auteur étudie le mouvement qui a lieu au sein d'un liquide idéal, infiniment étendu dans toutes les directions, en supposant que ce mouvement est exempt de rotations, à l'exception d'un mince fil tourbillonnaire hélicoïdal. Ce problème présente un intérêt spécial en ce qu'il offre, quant aux points essentiels, des analogies avec les deux cas classiques d'un mouvement tourbillonnaire où il n'y a qu'un fil tourbillonnaire soit rectiligne, soit circulaire; c'est là même, paraît-il, le seul mouvement comparable à ces deux cas.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. C. Kullgren** : *Recherches sur l'inversion* (II). Dans son mémoire relatif aux variations thermiques des vitesses de réaction chimique, Arrhénius fait remarquer que l'influence de la température ne saurait s'expliquer par voie cinétique. Il signale le fait que l'accroissement de la mobilité des molécules, produit par l'augmentation de la température, n'étant pour les gaz, d'après la théorie cinétique, que de 1/6 °/₀ par degré, si, ce qui paraît plausible, ces variations sont à peu près analogues à celles des liquides, les accroissements de la mobilité des molécules n'expliquent nullement des variations de la vitesse de réaction allant jusqu'à 10 ou 15 °/₀ par degré. C'est pourquoi ce savant admet que le nombre de molécules actives s'accroît rapidement pour des températures croissantes. D'autre part, l'auteur a constaté, dans certains cas, que le nombre des ions concourant à la réaction est modifié, en remplaçant l'eau par un autre dissolvant, ce qui suggère l'hypothèse que la constante de dissociation du dissolvant joue un rôle dans ces phénomènes. Cette hypothèse, M. Kullgren la vérifie par des mesures de la vitesse d'inversion du sucre de canne. Les résultats de ces recherches font voir à l'évidence que les variations avec la température des vitesses de réaction sont essentiellement dues aux modifications que subit la dissociation des corps en réaction. Dans les cas où les degrés de dissociation ne varient que peu avec la température, l'augmentation que subit la mobilité des molécules exercera évidemment une influence relativement bien plus grande. Ces phénomènes sont susceptibles d'être traités par voie thermodynamique; c'est ainsi que l'auteur déduit une formule simple, permettant de déterminer, en partant des constantes de dissociation de l'eau, les variations avec la température des vitesses de réactions analogues à l'inversion du sucre de canne. — **M. S. Westman** : *Quelques mesures relatives à la vitesse de fusion des couches de neige.* L'auteur a fait, en collaboration avec M. Angeldorff, quelques mesures relatives à la vitesse de fusion des couches de neige, à Stockholm et à Kärrgrufvan, au printemps de 1902. Une échelle millimétrique étant enfoncée dans la neige, de façon à toucher le sol, une plaque en carton, munie d'un trou donnant passage à l'échelle, a été posée sur la neige et a donné, par ses déplacements, la mesure de la vitesse de fusion. Il résulte de ces expériences que la fusion des neiges s'accélère quand la couche neigeuse s'est amincie. L'auteur attribue ce fait en partie aux impuretés de nature minérale ou organique renfermées par cette couche et qui sont plus nombreuses au voisinage du sol; ces particules constituent, en effet, un milieu plus absorbant de la chaleur amenée par rayonnement que la neige ambiante. Mais la cause principale de cette altération de la fusion serait dans la chaleur que les endroits nus rayonnent sur la neige. La vitesse de fusion, pendant la période de fusion des neiges, à savoir entre les 10 et 20 avril, a été, en moyenne, de 3 centimètres environ par vingt-quatre heures. Ces valeurs se rapportent à la plaine, tandis que, dans la montagne, l'on observe des valeurs bien plus élevées. C'est ainsi que, dans les glaciers de Sulitelma, la fusion de la neige se fait, au milieu de l'été, deux fois plus vite, et, dans les terrains voisins, il semble qu'elle soit plus rapide encore. D'une manière générale, ces vitesses sont, aux endroits ombragés, les deux tiers des valeurs correspondant aux lieux exposés au soleil du soir.

A. GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 9 15 MAI 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Eugène Demarçay. — La Science a récemment perdu, en la personne d'Eugène Demarçay, un esprit éminent, doublé d'un très habile expérimentateur. Né le 1er janvier 1852, Demarçay grandit, à l'abri du souci de parvenir, dans une famille remarquablement intelligente, fit ses premières études au Lycée Condorcet, puis s'en fut passer un an en Angleterre. Il advint qu'il prit là le goût de la Botanique et des sciences expérimentales.

Entré à l'Ecole Polytechnique en 1870, à dix-huit ans, il en sortit pour y bientôt rentrer comme préparateur de Cahours, puis comme répétiteur de Chimie. Les relations de Demarçay avec les maîtres de ce temps : Cahours, Würtz, Deville, Dumas, Friedel, Cornu, Schützenberger et ses contemporains de Boisbaudran, Moissan, Gautier, Becquerel, Léauté, Olivier, Curie, fixèrent de plus en plus profondément sa pensée dans la pratique et la philosophie des Sciences. Il a été assurément l'esprit le plus instruit de toutes choses de ces vingt dernières années, le plus apte à voir dans leur ensemble les multiples variétés de notre savoir sans les séparer de la connaissance des hommes.

Après quelques années, il renonça à ses fonctions à l'Ecole Polytechnique afin de poursuivre sans interruption ses recherches de laboratoire. Mais, avant de s'enfermer dans un cycle d'études qui devait durer jusqu'à sa fin, il voulut élargir encore sa vue du monde, et il parcourut l'Algérie, l'Egypte et l'Inde, observant tour à tour la flore des pays les plus arides et celle des régions les plus fécondes du Globe. Il connut la condition actuelle de peuples variés, héritiers d'autres, dont l'Histoire n'a pas remonté la filiation jusqu'aux temps fabuleux.

Les premiers travaux de Demarçay ont porté sur la Chimie organique, pour laquelle il cherchait une rigueur et une logique qu'on ne lui a pas toujours donnée par suite d'un trop grand abus d'images, d'analogies et de nomenclatures. Cet état d'esprit, qui était celui d'un mathématicien et d'un physicien, le poussa à des recherches sur la capacité de combinaison des éléments ou atomicité.

Déjà, en 1880, il songeait à étudier les réactions chimiques à des températures s'approchant du point critique. Dans ce but, il appliqua la compression et la détente avant qu'il ne fût question de donner à ces faits une forme utilisable en pratique. Des espaces annulaires concentriques, communiquant entre eux par des pointeaux, permettaient des détentes successives.

Cet appareil, qui avait 1 mètre de hauteur et 50 centimètres de diamètre, était mis en marche par une machine de 6 chevaux et pouvait refroidir à 80° au-dessous de zéro. Je pense, avec regret, que cette tentative, qui a précédé la liquéfaction continue des gaz maintenant en usage, n'a pas été publiée.

Ce serait là une conséquence de l'état d'esprit de cet homme, éminent sans être répandu, qui ne voulait traiter que des questions d'un intérêt général et négligeait de relater les incidents secondaires ou les moyens encore imparfaits. Demarçay connaissait la Chimie organique d'une façon peu commune, et la traitait avec une rigueur de raisonnement dont il a laissé un modèle dans ses articles du Dictionnaire de Würtz à propos de la série aromatique. Moins étendue en surface, la Chimie organique, s'il en avait été, par situation, un des inspirateurs, se serait orientée dans des directions plus profondes.

Maître ouvrier dans la pratique des constructions moléculaires, il se lassa bientôt de voir quelques idées se disperser en des images infinies.

De bonne heure, Demarçay avait senti l'intérêt de l'étude des spectres, qui devait lui faire un nom dans la Science; il pressentait dans les vibrations lumineuses un langage de la matière et cherchait à le déchiffrer. A ce moment, les appareils laissaient beaucoup à désirer et il fallut créer des méthodes indiscutables et toujours comparables. Pour produire des raies spectrales, il fallut inventer un générateur électrique donnant à la fois assez de tension et de quantité pour produire une étincelle brillante, nourrie, sorte de petit arc capable de volatiliser les métaux et de désunir les combinaisons. Ce fut la bobine d'induction à court fil de gros diamètre pour l'induit.

Cet appareil reste la source de lumière pour les spectrographes. Il fut bientôt complété par un récepteur photographique à châssis oblique, adapté à un spectroscope de construction appropriée à la dispersion et

au grossissement. Les photographies obtenues par milliers au cours de ces travaux, avant d'être rejetées ou gardées, ont toutes été passées au chariot micrométrique, et les raies étrangères au sujet y ont été pointées. C'est ainsi que le lent progrès de milliers de tours de fractionnement a pu être suivi jusqu'à la séparation de masses jusqu'ici inconnues de sels purs de Néodyme, de Praséodyme, de Samarium et à la découverte de l'Europium. Par ses méthodes et ses directions, l'industrie française des produits chimiques a pu présenter à l'Exposition universelle de 1900 des kilogrammes de ces magnifiques cristaux qu'on n'avait vus en aucun pays. Tout fut tenté pour simplifier les fractionnements: les cristallisations dans l'acide azotique bouillant, dans l'acide oxalique et les oxalates sous forme de sels simples ou de sels doubles, et, de tout cela, il restait à Demarçay une prescience des meilleurs moyens tellement personnelle qu'on ne la retrouvera qu'au prix d'une nouvelle vie d'homme. L'un de ses moyens était d'abandonner un fractionnement dès qu'il cristallisait mal, de rechercher au spectre l'impureté minime qui causait cette perturbation, de la chasser par des fractionnements dirigés contre elle, puis de reprendre l'opération en changeant souvent la nature du dissolvant.

Après l'Europium, il restait à tenir les matières nommées Erbium, Terbium, Ytterbium, Gadolinium, Thullium, Holmium, etc... Des quantités massives de Gadolinium et d'Erbium, bien voisines de la pureté, sont restées en voie d'élaboration et ont été léguées à M. Moissan, tout désigné par sa science et son amitié pour recevoir les matériaux les plus rares qui existent maintenant en Chimie minérale.

Avec son instruction, son éducation morale et ce vaste savoir que souvent des amis attribuent à la légère, mais que, lui, il possédait réellement, Demarçay était devenu parmi nous un pur esprit. Ce fut la seule faiblesse dont ses amis aient souffert pour lui, car ils le voyaient trop s'éloigner de la matérialité de l'existence pour conserver une santé durable.

Vivant au milieu des siens dans l'intérieur familial qu'il s'était fait, l'esprit égal et bon, parlant avec ses amis des productions de tous les centres scientifiques de l'Europe, il vivait de la pensée. Une vie trop parfaite devait finir; c'est ce qui est arrivé à la fin de mars 1903. Après une maladie de plusieurs mois, qui l'empêcha de mettre en état ses derniers travaux, il sortit, sans s'en apercevoir, du monde qu'il avait tant connu. Peu de gens indépendants s'engagent aujourd'hui dans la Science. Puissent quelques lignes sur la vie d'un savant et d'un juste amener un imitateur; une grande place est vide et la Nature aime la continuité.

A. Etard,
Chef des Travaux chimiques à l'Institut Pasteur.
Examinateur à l'École Polytechnique.

§ 2. — Astronomie

Le spectre de la Comète 1902 *b*. — Les comètes assez brillantes pour être facilement visibles à l'œil nu sont de plus en plus rares et, depuis les belles apparitions de 1881 et 1882, aucune comète n'a été assez importante dans l'hémisphère boréal pour attirer l'attention du public. Et c'est grand dommage pour nos connaissances sur ces astres singuliers, dont la physique est encore si mal connue et qui posent à l'esprit tant de points d'interrogation.

L'étude du spectre des comètes, en particulier, est une des recherches les plus importantes pour l'Astrophysique moderne; mais il est nécessaire d'employer un instrument très lumineux, de prolonger la pose, et la photographie du spectre d'une comète avec un spectroscope à fente est presque impossible à cause de la grande perte de lumière — du moins pour les comètes télescopiques. Or, on sait que l'intensité relative des raies caractéristiques des nébuleuses présente certaines régularités, comme le confirment les travaux de Keeler, Scheiner, Wilsing, etc., et il serait essentiel, pour les comètes, d'arriver à des lois générales spectroscopiques.

Quoi qu'il en soit, M. de la Baume-Pluvinel, bien connu déjà par des recherches analogues, s'est attaché à l'étude de la comète 1902 *b*, découverte parallèlement par Perrine et Borrelly, les 1er et 2 septembre 1902. Par l'emploi d'un prisme objectif très lumineux, et particulièrement approprié au cas des comètes avec un nombre limité de radiations distinctes, M. de la Baume-Pluvinel obtint un cliché assez satisfaisant pour se prêter à des mesures précises; il remarque tout d'abord l'absence du spectre continu, comme il en pourrait être produit par de la lumière solaire réfléchie, ou même l'incandescence de masses solides, et il note particulièrement :

1° La plupart des radiations du spectre du carbone fournies par l'arc électrique λ 564, λ 518, λ 472, appartenant au spectre des hydrocarbures, et enfin λ 389 du cyanogène;

2° La radiation λ 431,2, caractéristique des hydrocarbures en combustion;

3° Un groupe de radiations λ 409,2 à 400,0, qui ne correspond à aucun groupe du carbone.

Quand on pense qu'il s'agit d'une surface circulaire lumineuse de 2′ de diamètre, on voit que l'éclat de l'unité de surface de la comète est très faible, et il faut la délicatesse des instruments actuels et l'habileté d'astronomes comme M. de la Baume-Pluvinel pour obtenir déjà des résultats aussi intéressants — qui nous font patienter en attendant l'arrivée d'une belle comète.

Les illuminations crépusculaires. — On s'attendait un peu, après les récentes éruptions des volcans des Antilles, au retour des magnifiques crépuscules colorés qui, pendant plusieurs mois, avaient suivi, en 1883, la terrible explosion du Krakatoa. On supposait, avec vraisemblance, que l'immense quantité de poussières rejetée dans l'atmosphère donnerait lieu, une fois de plus, à ces fériques spectacles que beaucoup de personnes ont encore présents à la mémoire.

Cette prévision s'est, en effet, réalisée. Et, si le phénomène n'a pas présenté tout l'éclat avec lequel il s'était manifesté il y a vingt ans, il n'en a pas moins été général. Une fois de plus, l'atmosphère terrestre a été salie par cette quantité de particules provenant des entrailles du globe.

Ce qui semble avoir caractérisé ces nouveaux crépuscules rouges, c'est leur variation rapide d'un jour à l'autre et leur production à diverses reprises. En 1883, le phénomène se manifestait tous les matins et tous les soirs, l'intensité diminuant peu à peu; en 1902, du jour au lendemain, le phénomène cessait, pour reprendre quelques jours après, ce qui tendrait à faire penser que les poussières atteignirent cette fois une moindre hauteur.

Quoi qu'il en soit, les nouvelles illuminations crépusculaires ont suscité un grand nombre d'observations, et — c'est là un des moindres services que puisse rendre la Société astronomique — M. Em. Touchet a pu réunir un grand nombre de documents; depuis le *Bulletin* de février 1903, cet auteur publie tous ces renseignements, classés et interprétés. C'est là un travail très utile, presque impossible à résumer, et qui restera comme un document précieux pour l'histoire de notre atmosphère.

§ 3. — Physique

Réalisation et mesure de températures supérieures à 2000°. — MM. Lummer et Pringsheim viennent de donner une suite très intéressante aux beaux travaux qu'ils n'ont cessé de poursuivre depuis quelques années à l'Institut physico-technique de Charlottenbourg, et dont un aperçu a été donné déjà dans la *Revue*[1].

[1] *Rev. gén. des Sc.*, t. XII, p. 253; 1901.

On se souvient que ces recherches ont eu pour objet de réaliser et d'étudier le rayonnement fourni par un corps théoriquement noir, autrement dit le rayonnement que l'on peut observer à l'intérieur d'une enceinte isotherme, fermée de toutes parts, à l'exception de la petite ouverture réservée aux observations.

Dans les expériences faites jusqu'ici, MM. Lummer et Pringsheim, mesurant la température de l'enceinte, ont vérifié, d'une manière très satisfaisante, les lois théoriques du rayonnement réunies dans les trois équations :

$$\int_0^\infty E_\lambda d\lambda = \sigma\Theta^4$$
$$\lambda_m\Theta = A$$
$$E_m = B\Theta^5$$

La première est la loi de Stefan, d'après laquelle le rayonnement total du corps noir est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue; la seconde exprime la loi du déplacement de Wien, l'abscisse du maximum de l'énergie dans le spectre normal du corps noir étant inversement proportionnelle à la température absolue. La troisième, enfin, montre que la puissance du rayonnement à l'endroit du maximum est proportionnelle à la cinquième puissance de la température.

En outre, les auteurs ont, dans des expériences antérieures, déterminé l'éclat de la source en diverses régions du spectre, et l'ont exprimé par une fonction déterminée de la température. Dans les nouvelles expériences, poussées jusqu'à une température à laquelle aucun métal ne résiste, il ne fallait pas songer à mesurer la température par un des procédés connus, sauf peut-être le procédé interférentiel déjà mis en œuvre par M. Daniel Berthelot, mais dont l'application aurait présenté ici de grosses difficultés. MM. Lummer et Pringsheim ont donc retourné la question : admettant comme bien établies les lois qui viennent d'être rappelées, et dont l'exactitude est affirmée par des considérations empruntées à la Thermodynamique, ils ont borné, pour le moment, leur recherche à la mesure des divers éléments desquels se déduit la température par les formules ci-dessus, ainsi que par la méthode photométrique.

La source des radiations est constituée (fig. 1) par un cylindre de charbon R, de 1 centimètre de diamètre intérieur et de 1mm,2 d'épaisseur de paroi, enfermé dans une série d'enveloppes protectrices, en charbon, en terre réfractaire et en amiante. Le cylindre intérieur est fermé, à une extrémité, par un bouchon P_3, alors que deux écrans P_1 et P_2, placés à l'intérieur du tube, servent de limites pour la région dont la radiation est utilisée. Deux montants B, dont l'un est fixé directement au socle d'ardoise S, et dont l'autre repose simplement sur un bloc de métal E, de manière à permettre le jeu des dilatations, amènent le courant au charbon. Ils sont séparés de la monture T en terre réfractaire par des joues C en cuivre rouge, desquelles partent des radiateurs D, conduisant à l'extérieur la chaleur absorbée par les joues. Le cylindre R est amené à la température désirée par un courant qui, dans certains cas, atteignait 160 ampères. Dans les expériences aux températures très élevées, on faisait passer, par l'ouverture F, un courant d'azote, pour empêcher sa destruction trop rapide.

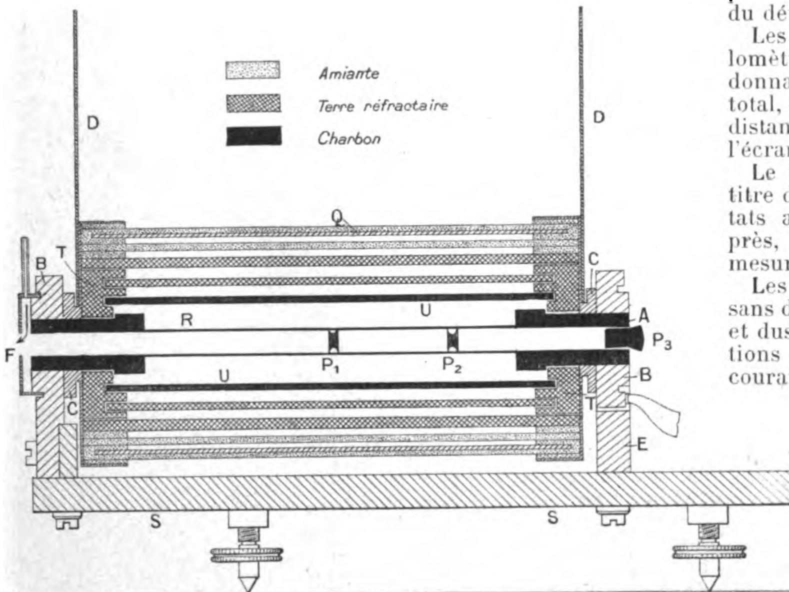


Fig. 1. — *Dispositif de MM. Lummer et Pringsheim pour la réalisation et la mesure de températures supérieures à 2.000°.* — R, cylindre de charbon, fermé par un bouchon P_3 ; P_1, P_2, écrans ; U, enveloppe protectrice en charbon ; Q, enveloppe en amiante ; S, socle en ardoise ; B, montants conduisant le courant ; E, bloc de métal ; T, monture en terre réfractaire ; C, joues en cuivre ; D, radiateurs.

La forme des courbes obtenues au moyen du bolomètre linéaire, dans diverses régions du spectre, est semblable à celle que l'on connaissait par des expériences antérieures; elle est très régulière; cependant les auteurs n'ont pas pensé pouvoir en déduire avec certitude la position du maximum, et ont préféré ne pas faire usage de la loi du déplacement.

Les mesures par le bolomètre à large surface, donnant le rayonnement total, ont été faites à deux distances différentes de l'écran.

Le tableau I donne, à titre d'exemple, les résultats arrondis à 5 degrés près, obtenus dans des mesures consécutives.

Les écarts trouvés sont, sans doute, en partie réels, et dus à de petites variations dans l'intensité du courant, ou à d'autres causes inconnues; quoi qu'il en soit les trois méthodes employées par MM. Lummer et Pringsheim donnent des indications concordantes à quelques degrés près, justifiant ainsi, par l'appui mutuel que se prêtent ces divers résultats, l'exactitude des formules employées. Les auteurs vont plus loin; élaborant l'idée suivant laquelle toute échelle thermométrique fondée non point sur les propriétés particulières d'un corps, mais

TABLEAU I. — ***Résultats arrondis, à 5 degrés près, obtenus dans des mesures consécutives.***

MÉTHODE	TEMPÉRATURE trouvée	DISTANCE DU BOLOMÈTRE	
		90 cm	60 cm
Optique	2.310° abs		
Rayonnement total	2.325	2.317°	2.335°
Optique	2.320		
Rayonnement total	2.330	2.330	2.330
Rayonnement maximum	2.330		
Optique	2.330		
Rayonnement total	2.345	2.348	2.339
Rayonnement maximum	2.320		

sur les lois de la Thermodynamique, est une échelle normale, ils émettent l'opinion qu'une échelle fondée sur l'une des lois dont la forme mathématique vient d'être rappelée aurait la même existence rationnelle que l'échelle définie par la dilatation d'un gaz parfait; et, comme la racine quatrième de la puissance totale ou la racine cinquième de l'énergie maxima est précisément l'expression de la température donnée par la dilatation d'un gaz parfait, ils estiment que l'une des deux échelles peut, à volonté, être substituée à celle que l'on considère ordinairement, sans aucune infériorité théorique, et sans différence pratique. Or, comme les phénomènes utilisés dans l'application de la nouvelle échelle permettent d'atteindre des températures auxquelles le thermomètre à gaz ne se prête pas, MM. Lummer et Pringsheim proposent de constituer, pour les hautes températures, une échelle autonome fondée sur le rayonnement. C'est à cette échelle que l'on rapporterait les constantes déterminées dans la région des très hautes températures, avec la certitude qu'elle fait suite, avec une grande approximation, à celle à laquelle on est resté attaché jusqu'ici.

Ces considérations, appuyées par des recherches expérimentales admirablement conduites, fondées, de plus, sur des lois dont la théorie rend exactement compte, méritent dès maintenant de fixer très sérieusement l'attention des physiciens.

Expériences de désaimantation au moyen des oscillations électriques rapides. — On connaît l'emploi ingénieux que M. Marconi vient de faire, dans la construction de son nouveau détecteur, de l'hystérésis magnétique du fer. Dans le 2e fascicule des *Annalen der Physik* de 1903, M. F. Braun étudie la question de savoir si d'autres phénomènes magnétiques ne pourraient pas également être utilisés en vue d'une excitation plus intense des cohéreurs.

L'auteur se base sur l'observation faite par M. Rutherford que les aiguilles d'acier fines sont partiellement désaimantées par l'action des ondes électriques les entourant ou les parcourant. Comme le magnétisme permanent disparaît très rapidement, il faut, en effet, que le flux de force ainsi que la force électromotrice induite dans une bobine en éprouvent des modifications temporaires fort importantes. Les expériences de l'auteur font voir que le magnétisme temporaire subit également des variations synchrones aux oscillations électriques de plusieurs millions par seconde.

M. Braun remplace avantageusement les aiguilles par de la limaille de fer très fine renfermée dans un tube de verre et qu'il dispose à l'intérieur de la bobine secondaire du circuit. Ses expériences démontrent qu'on peut, au moyen de cette limaille, assigner aux forces magnétiques des orbites plus ou moins bien définies, phénomène analogue à celui qu'on observe pour les courants alternatifs stationnaires ou lentement variables; l'aimantation permanente présente dans la limaille est détruite par les oscillations électriques. Les pertes d'énergie dues aux courants de Foucault sont peu considérables. Dans ces expériences, le fer localise de l'énergie magnétique qu'il retire d'autres parties de l'espace.

Lorsque, au sein d'un isolateur, on suspend des particules métalliques, on obtient une substance à constante diélectrique extrêmement élevée, abaissant de beaucoup la longueur d'onde des oscillations électriques qui se propagent le long des fils entourés de ces matières. Aussi leur emploi serait tout indiqué pour les antennes dont on se sert dans la télégraphie dite « sans fil », où elles diminueraient de beaucoup les pertes d'énergie sur les sections de fil établies aux stations transmettrice et réceptrice. Elles se prêteraient également aux dispositifs basés sur des analogies dioptriques ou catoptriques[1]; les ondes relativement petites engendrées par leur moyen se rapprocheraient, en effet, bien davantage des principes de l'Optique géométrique.

[1] Voir le dispositif de M. Blochmann décrit dans la *Revue* du 15 janvier 1903.

§ 4. — Photographie

La Télé-photographie. — M. Vautier-Dufour a fait à la Société vaudoise des Sciences naturelles[1] une communication très intéressante sur la télé-photographie; c'est là, en effet, un procédé dont la science peut attendre les plus grands services pour la géologie, la photographie des paysages inaccessibles, des mirages, trombes, arcs-en-ciel, la photographie des nuages, la photographie en ballon et la topographie. Pour photographier dans de telles conditions, avec des objets généralement fort éloignés de l'observateur et qui ne sont visibles que peu de temps, il est nécessaire d'opérer avec un appareil donnant un fort grossissement et permettant une pose aussi brève que possible,



Fig. 1. — *Le Téléphot Vautier-Dufour et Schaer.*

opération singulièrement difficile avec les instruments ordinaires tels que les télé-objectifs.

Cette communication est particulièrement instructive, car l'auteur énumère en détail ses tentatives successives et ses déboires : c'est dire qu'il expose nombre de pièges que l'on pourra dès à présent éviter dans des recherches analogues. Après avoir en vain essayé les appareils ordinaires, le télé-objectif Clément et Gilmert, le télé-objectif Zeiss (1899), ... il ne put éviter : l'influence du vent sur l'appareil, qui devient nécessairement lourd et encombrant; la difficulté de la mise au point et la perte de lumière avec un grossissement convenable; le manque de netteté à de grandes distances et l'incorrection du dessin.

D'autre part, le capitaine Bouttiaux, qui s'est occupé avec le plus grand succès de télé-photographie, avait également reconnu qu'il y avait lieu de donner la préférence aux appareils à long foyer qui, grâce au grand pouvoir séparateur de leur objectif, donnent des clichés contenant à l'état latent tous les détails dont on a besoin : on peut alors produire ultérieurement l'agrandissement qui doit révéler ces détails à notre œil.

[1] *Bulletin*, 4e s., vol. XXXVIII.

Ces difficultés paraissaient donc à peu près insurmontables pour obtenir des épreuves excellentes, pratiquement, en téléphotographie, lorsque M. Vautier-Dufour eut connaissance de l'appareil imaginé par M. Schœr[1] en vue de réduire, par des réflexions intérieures, les dimensions des réfracteurs astronomiques : combinant alors ce dispositif avec celui que nécessite la photographie, ces deux savants parvinrent à un instrument relativement maniable et susceptible, par exemple, de donner de très bonnes vues panoramiques à plus de 100 kilomètres de distance.

L'appareil représenté par la figure 1 possède un objectif de $1^m,20$ de foyer et $0^{cm},6$ de diamètre, donnant un grossissement direct de 5 fois ; la chambre n'a que 40 centimètres de longueur.

La figure 2 représente l'Aiguille du Géant prise de la mer de Glace avec cet appareil ; dans le coin inférieur à gauche, on a placé, pour faciliter la comparaison, une vue semblable prise avec un appareil ordinaire de 24 centimètres de foyer.

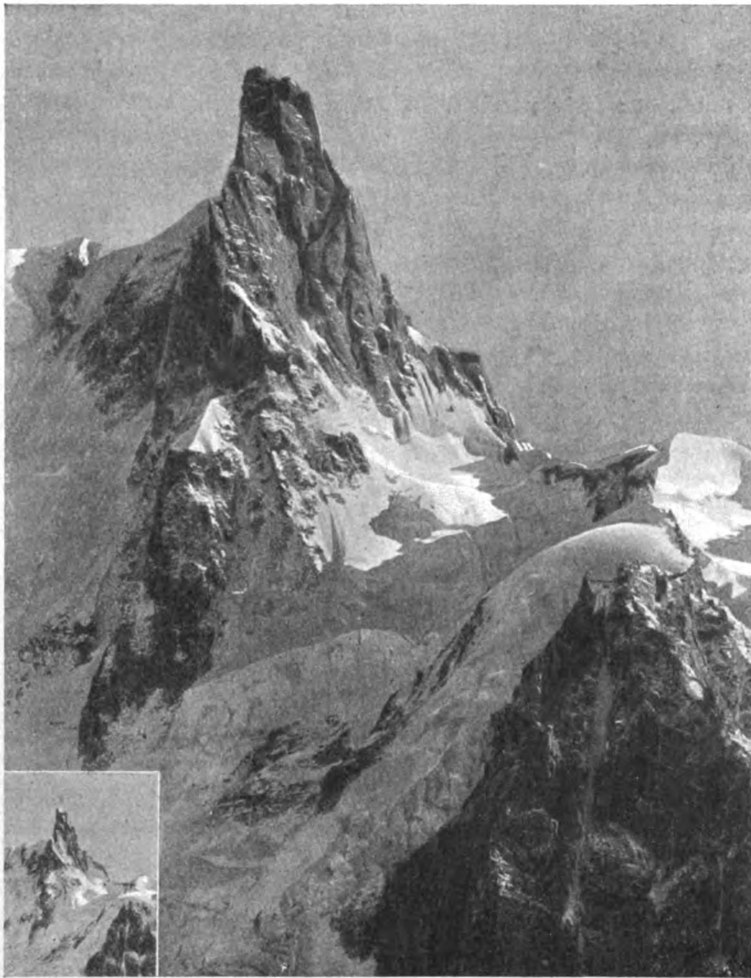


Fig. 2. — *L'Aiguille du Géant, prise de la Mer de Glace avec le Téléphot de* $1^m,20$ *de foyer.* — En bas, à gauche, vue témoin prise avec un appareil ordinaire de $0^m,24$ de foyer.

§ 5. — Électricité industrielle

Extension de la traction électrique sur la ligne de Paris à Orléans jusqu'à Juvisy. — La Compagnie des Chemins de fer d'Orléans a décidé, à la suite de l'expérience satisfaisante obtenue dans l'exploitation de la ligne électrique d'Orsay à Austerlitz, d'apporter à l'emploi de la traction électrique une extension notable. La remorque des trains à vapeur, qui, aujourd'hui, se fait seulement entre Orsay et Austerlitz, se fera désormais jusqu'à Juvisy pour un certain nombre d'entre eux. Il sera organisé un service électrique de trains spéciaux de banlieue, mus par plusieurs automotrices à commande solidarisée, ou à unités multiples Thomson-Houston. Les grandes lignes du projet ont été arrêtées, et soumises à l'approbation du Ministère des Travaux publics.

Les travaux comportent le doublement des voies sur le parcours Paris-Juvisy et l'installation d'une distribution électrique, semblable à celle qui a été précédemment exécutée pour la section Orsay-Austerlitz. L'usine génératrice de courant triphasé à 6.000 volts et 25 périodes par seconde, située à Ivry, sera augmentée de 50 °/₀. Deux sous-stations nouvelles transformeront ce courant triphasé en courant continu à 600 volts. Enfin, pour parer aux irrégularités de charge du service de traction, il sera installé une nouvelle batterie d'accumulateurs de 1.500 ampères-heure du type « Union ».

Les locomotives électriques, nouvelles et anciennes, feront un service accéléré, la vitesse de celles-ci étant élevée de 50 à 80 kilomètres à l'heure environ, par changement des engrenages.

Quant aux automotrices à voyageurs, équipées suivant le système Thomson-Houston à unités multiples employé sur la ligne Invalides-Versailles des Chemins de fer de l'Ouest, et sur le réseau métropolitain de New-York, elles seront affectées à la commande des trains rapides, d'environ 140 tonnes : une automotrice sera placée à chaque extrémité du train, et ne nécessitera, par suite, aucune autre manœuvre que celle de changement de voie par aiguillages, aux extrémités du parcours.

Une transmission d'énergie électrique à 40.000 volts en Italie. — La première installation à 40.000 volts doit faire son apparition en Europe sous les auspices de la Société de Construction d'Oerlikon, près de Zurich (Suisse). Elle n'est pas seulement remarquable par la valeur élevée de la tension, mais encore par la puissance considérable des unités employées. Les transformateurs y atteignent, en effet, une puissance de 2.340 kilowatts.

Signalons de suite que l'installation est destinée à distribuer l'éclairage et l'énergie à la ville de Brescia et aux usines de la région avoisinante, dont un grand nombre emploient de grandes quantités de courant pour l'électrochimie.

L'énergie électrique transmise proviendra de la transformation de l'énergie hydraulique de la rivière Caffaro, affluent de la Chiesa, ayant sa source dans les Alpes tyroliennes.

L'installation complète doit fournir une puissance de 15.000 chevaux aux turbines, répartie entre deux usines, l'usine d'aval étant seule en construction pour le moment et devant fournir à elle seule une puissance de 10.000 chevaux.

[1] Voir la *Revue* du 15 avril 1902, p. 321.

Cette usine est située à Bageline en Italie.

Le débit d'eau est de 4.000 litres par seconde, avec une chute de 254 mètres, ce qui correspond à une puissance d'environ 10.000 chevaux aux turbines. Le canal d'amenée a une longueur de 4.500 mètres, dont trois sections sont en tunnel, la plus longue ayant une longueur de 2.300 mètres.

Le courant triphasé doit être produit par des alternateurs à 9.000 volts et quarante-deux périodes. Ils sont commandés par des turbines de 2.500 chevaux et peuvent donner 2.340 kilowatts avec un facteur de puissance de 0,75. Les transformateurs, élevant la tension de 9.000 volts à 40.000, sont triphasés.

§ 6. — Chimie

Sur « l'indice de l'or » et sur la possibilité de caractériser les matières albuminoïdes à l'aide de cet indice. — Une solution colloïdale d'or, préparée d'après les indications de Zsigmondy[1], possède une belle couleur rouge, qui passe au bleu, par le fait d'une sorte de coagulation, lorsqu'on ajoute une solution d'un électrolyte, par exemple de sel marin. La présence d'une quantité suffisante d'un autre colloïde empêche cette coagulation, c'est-à-dire ce virage, et on constate que, pour des quantités constantes d'or colloïdal et d'électrolyte, il faut des quantités variables des divers colloïdes. MM. Schulz et Zsigmondy[2] appellent *indice d'or* d'une matière albuminoïde le nombre de milligrammes de cette matière qui devient tout juste insuffisant pour empêcher le virage de 10 centimètres cubes d'une solution colloïdale d'or préparée dans certaines conditions, en présence de 1 centimètre cube d'une solution de sel marin à 10 °/₀.

Ils ont obtenu ainsi les indices suivants pour les matières albuminoïdes du blanc d'œuf : globuline, de 0,02 à 0,05 ; ovomucoïde, de 0,04 à 0,08 ; albumine cristallisée, de 2 à 8; blanc d'œuf frais, de 0,08 à 0,15. Transformés en alcali-albumines, tous ces protéiques présentent sensiblement le même indice. On voit que l'indice très élevé de l'ovalbumine cristallisée permet de vérifier aisément la pureté de ce corps. D'une manière générale, cette réaction fournit un moyen de saisir les modifications que peut subir, sous l'influence des agents physiques ou chimiques, la molécule à la fois si complexe et si instable des matières protéiques.

§ 7. — Sciences médicales

La 2e réunion du Bureau central international pour la Lutte contre la Tuberculose. — Le Bureau central pour la Lutte contre la tuberculose est une association internationale antituberculeuse dans laquelle toutes les nations sont représentées par un certain nombre de délégués. Il a été créé il y a deux ans dans le but de rendre plus étroits les rapports entre ceux qui mènent le combat, de marquer en quelque sorte les étapes parcourues, de centraliser les documents et les faits qui ont trait à la lutte engagée actuellement dans tous les pays civilisés. Il se réunit tous les ans pour établir le bilan, pourrait-on dire, de l'année antituberculeuse. Ses réunions sont, en principe, privées; mais, par la force des choses, elles deviennent publiques et se transforment en Congrès.

Cette année, MM. Brouardel et Letulle ont pensé qu'il y avait lieu de se réunir en une véritable séance publique, ouverte à tous ceux qui s'intéressent à la lutte contre la tuberculose. Elle a eu lieu le 5 mai, à 2 heures de l'après midi, dans la salle de la Société de Géographie, sous la présidence de M. Casimir-Perier. La question successivement traitée par les délégués des divers pays a été : *L'etat actuel de la lutte contre la tuberculose dans les différentes nations.*

Dans cette note, il nous est certainement impossible de donner un compte rendu complet des discours de chaque délégué. Nous nous contenterons donc de présenter à nos lecteurs un résumé d'ensemble, d'autant que, sauf quelques détails, la lutte contre la tuberculose se poursuit dans tous les pays suivant le même plan. Quant aux différences inévitables, elles tiennent certainement à la personnalité morale, politique et économique de chaque nation, mais encore et surtout à une institution que nos lecteurs connaissent : les assurances ouvrières *obligatoires*[1].

Un seul pays les possède : c'est l'Allemagne, et c'est aussi le seul qui possède un véritable réseau de sanatoria populaires. La tâche, en ce qui concerne essentiellement ce point, est aujourd'hui presque terminée. A l'heure actuelle, comme nous l'apprend M. von Leyden, l'Allemagne a construit 72 sanatoria avec 7.200 lits, pouvant par conséquent soigner 30.000 tuberculeux par an. C'est à cette organisation que M. von Leyden attribue la diminution de la tuberculose, constatée depuis quelques années. Il faut s'incliner devant l'effort accompli par l'Allemagne, et aussi rappeler à cette occasion un nom que nos lecteurs ont souvent rencontré, celui du docteur Pannwitz.

L'Allemagne ne pense pourtant pas que sa tâche soit aujourd'hui terminée. Elle complète tous les jours son armement antituberculeux par la création de dispensaires, d'asiles de convalescence, de jardins où est organisée une cure d'air pour les tuberculeux sortant du sanatorium. Elle dispose aujourd'hui d'une colonie agricole et songe à établir des maisons de repos pour les prétuberculeux, des asiles pour les tuberculeux avancés, etc.

Dans les pays qui ne possèdent pas d'assurances ouvrières obligatoires, la lutte contre la tuberculose est conduite d'après le plan suivant :

Sous l'impulsion du Congrès de Berlin de 1899 on a fait une propagande active en faveur des sanatoria. Mais l'argent nécessaire n'étant fourni que par la bienfaisance privée, les associations philanthropiques et les Sociétés de secours mutuels (assurance facultative), le nombre de sanatoria qu'on a pu construire et qu'on construit encore, est limité. On s'est donc tourné du côté des dispensaires Calmette, qui, à l'heure actuelle, jouissent d'une popularité très marquée, et l'on complète l'œuvre ainsi conçue par ce qu'on pourrait appeler l'éducation antituberculeuse du peuple : conférences, brochures, pamphlets, création de ligues et d'associations antituberculeuses, etc. L'intensité du mouvement créé ainsi que ses caractères particuliers dépendent alors de ce que nous avons appelé la « personnalité » de chaque nation.

C'est ainsi qu'en Autriche, nous dit M. von Schrötter, l'enthousiasme des populations laisse beaucoup à désirer. Un sanatorium pour adultes, quelques hospices maritimes pour enfants tuberculeux, un certain nombre d'associations antituberculeuses faisant de leur mieux pour propager les nouvelles idées — voilà à peu près à quoi se réduit l'armement antituberculeux de ce pays.

Le rapport de M. Hillier nous a appris qu'il existe actuellement en Angleterre 52 sanatoria populaires disposant de 2.000 lits. Mais nous pensons que cette statistique doit comprendre non seulement des sanatoria proprement dits, mais encore les hôpitaux pour tuberculeux et phtisiques. Un fait qui mérite d'être signalé, c'est que la déclaration « volontaire » (non obligatoire) de la tuberculose devient de plus en plus fréquente. Il faut espérer que c'est un acheminement vers la déclaration obligatoire, que M. Hillier désire, au même titre qu'il voudrait voir des pénalités légales sanctionner la défense de cracher par terre.

Comme tous les pays, la Belgique possède quelques sanatoria. Mais, nous dit M. Dewez, c'est surtout par le

[1] Zsigmondy : *Zeit. analyt. Chem.*, t. XL, p. 697.
[2] Fr. N. Schulz et Zsigmondy : *Beitr. zur chem. Physiol. u. Pathol.*, t. III, p. 137.

[1] Voyez à ce sujet R. Romme : Les Assurances ouvrières et la Lutte contre la Tuberculose en Allemagne, dans la *Revue* des 15 et 30 août 1899, t. X, p. 573 et 618.

dispensaire qu'on lutte, et presque toutes les villes principales possèdent aujourd'hui cette arme de combat qu'on doit à M. Calmette. La propagande des idées antituberculeuses ne s'est pas ralentie et se continue au sein et avec l'aide des sociétés de secours mutuels, très florissantes en Belgique.

La situation est à peu près la même en Russie; ce pays était représenté à la réunion par M. Blumenthal. Quatre sanatoria pour adultes, autant de sanatoria maritimes, un certain nombre de dispensaires, mais surtout propagande antituberculeuse, tels sont les éléments de la lutte contre la tuberculose dans le vaste empire des tsars. Nous en dirons autant de l'Espagne, du Danemark, de la Norvège, de la République Argentine, sur la foi des communications faites par les délégués de ces pays : MM. Espina di Capo, Roerdam, Holmboë, Coni. La Suisse, comme nous l'a fait connaître M. Schmidt, possède 7 sanatoria populaires avec 511 lits, mais ces sanatoria ne sont pas gratuits comme le sont des hôpitaux. Là aussi on espère arriver bientôt à la déclaration obligatoire de la tuberculose et à la désinfection des logements.

La séance s'est terminée par un discours magistral de M. Brouardel, discours qui est à la fois un programme et un exposé de l'état actuel de la lutte antituberculeuse en France. Chiffres et statistiques en main, M. Brouardel a montré ce qui a été fait en France depuis quatre ou cinq ans : sanatoria pour adultes, sanatoria pour enfants, colonies agricoles, colonies de vacance, œuvres de propagande et de lutte antituberculeuses dont on peut être fier, d'autant qu'elles ont été réalisées en dehors de toute aide gouvernementale. En écoutant la parole éloquente de M. Brouardel, on avait très nettement l'impression que l'armement antituberculeux de la France vient peut-être tout de suite après celui de l'Allemagne. **Dr R. Romme,**

Préparateur à la Faculté de Médecine de Paris.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Une Expédition française au Pôle Sud. — Le Comité de patronage de l'Expédition polaire du Dr Charcot, composé de MM. Gaudry, Grandidier, Bouquet de la Grye, Roux, Mascart, de Lapparent, Perrier, Giard, le prince de Monaco, membres de l'Institut, Rabot et L. Olivier, secrétaires, a adopté à l'unanimité le procès-verbal suivant :

« Devant les importants résultats qui viennent d'être communiqués aux Sociétés savantes d'Europe et qui ont été obtenus dans l'Antarctique par l'Expédition anglaise, d'une part, et par l'Expédition suédoise, d'autre part, et devant le grand effort tenté simultanément dans ces régions par l'Angleterre, l'Ecosse, l'Allemagne et la Suède, le Comité de patronage de l'Expédition Charcot émet le vœu que la France s'associe *sans retard* à ce grand mouvement scientifique, qui promet d'être si fécond en résultats.

« Si, n'hésitant pas devant le surcroît de fatigues, de dangers et de temps qui leur est imposé, le docteur Charcot et ses collaborateurs abandonnent leur expédition dans le Nord pour adopter ce nouveau programme, ils auront droit à la reconnaissance du monde scientifique et de la France.

« L'Expédition devra gagner la Terre de Feu et, de là, se diriger vers la Terre Alexandre Ier.

« Le pôle Sud se trouvera ainsi attaqué du côté de la Terre Victoria par les Anglais, de la Terre d'Enderby et de Kemp par les Allemands, de la mer de Weddel par les Ecossais, du détroit de Gerlache par les Suédois, et enfin par les Français du côté de la Terre Alexandre Ier.

« Cette Expédition devra se livrer à des explorations sur le continent Antarctique, et à des recherches scientifiques portant sur l'Océanographie, la Géographie et toute les branches de la Zoologie. »

L'équipage et l'état-major de l'Expédition Charcot ont accepté avec d'autant plus d'enthousiasme que son départ pour le Nord ne devait être qu'une préface à une expédition antarctique.

Cette entreprise, longuement et soigneusement préparée, ne peut que réussir. Depuis quatre années, M. de Gerlache qui, le premier, a affronté l'hivernage dans ces régions, prépare cette expédition et l'étudie avec le Dr Charcot. Mais, pour que la France ne soit pas en retard sur les autres nations, il faut que le départ ait lieu cette année. Notre pays reprendra ainsi la route ouverte par Dumont d'Urville et depuis si longtemps délaissée.

La durée de l'expédition et la longueur du voyage pour gagner l'Antarctique augmentent forcément les frais. Trois cent mille francs sont indispensables. M. Charcot a souscrit la moitié de cette somme, et nous ne doutons pas que, devant l'importance de cette exploration, chacun tienne à apporter son concours afin de faire rapidement ce qui manque encore.

§ 9. — Universités et Sociétés

Association internationale des Botanistes. — Cette Association, fondée depuis un an sur l'initiative de quelques botanistes hollandais, tient en ce moment son premier Congrès à Leyde. M. van der Vlugt, ancien recteur de l'Université, a adressé aux savants étrangers un discours de bienvenue en français, auquel a répondu M. le Professeur Chodat, de Genève.

Les débats présidés par M. le Professeur Goebel, de Munich, président de l'Association, ont lieu en français. Après avoir discuté sur des questions techniques, le Congrès s'est occupé de la création d'un bureau central.

La Conférence internationale d'Océanographie. — La Conférence internationale pour les recherches du fond de la mer vient de se réunir à Wiesbaden, sous la présidence du prince de Monaco. Les membres de cette Conférence sont des professeurs de Géographie d'Allemagne, d'Angleterre, de France, de Norwège et de Suède. La Commission, nommée au Congrès de Géographie de 1899, discute des questions spéciales touchant l'exploration des profondeurs de l'Océan.

La Conférence prépare une carte des fonds de la mer destinée au Congrès de Géographie international qui se tiendra en 1904 à Washington.

Société française d'astronomie. — La séance de mai de cette Société sera consacrée à la nomination du bureau pour l'année 1903-1904. La composition du nouveau bureau a été arrêtée. A la place de M. Poincaré, président sortant non rééligible, on a désigné M. Lippmann, professeur à la Sorbonne et membre de l'Institut. M. Janssen, directeur de l'Observatoire de Meudon, sera nommé président d'honneur.

Le prix de la Société sera décerné à M. Charlois pour la découverte d'un nombre considérable de petites planètes, et le prix Janssen à M. Giacobini pour celle d'une série de sept comètes. Ces deux astronomes appartiennent à l'Observatoire Bischoffsheim, de Nice.

Observatoire de Paris. — Sont nommés pour l'année 1903 :

Président du Conseil de l'Observatoire de Paris : M. Laussedat, membre de l'Institut;

Vice-président : M. Darboux, membre de l'Institut;

Secrétaire : M. Lippmann, membre de l'Institut.

L'IRRIGATION DANS LES INDES ANGLAISES[1]

PREMIÈRE PARTIE : LES DIVERSES MÉTHODES D'IRRIGATION

Après les principes d'administration générale et l'attitude des Anglais aux Indes, rien dans ce pays n'est plus intéressant et plus digne d'observation que l'irrigation, les procédés qu'elle emploie et les résultats qu'elle procure. C'est une question que j'ai étudiée d'abord sur le terrain et dans les documents officiels, plus tard dans les livres didactiques[2]. J'ai visité, ordinairement sous la direction d'ingénieurs ou de résidents (*collectors*), les principaux travaux d'irrigation de la Présidence de Bombay (y compris naturellement le Sind), des Provinces-Unies (c'est le nouveau nom que l'on donne désormais aux *North-Western Provinces*) et du Punjab. Comme je ne suis qu'un économiste, je me suis attaché surtout aux aspects économiques du problème ; j'attends donc de ces études qu'elles soient utiles aux gouverneurs de nos colonies plus qu'aux ingénieurs. Elles ont pour but de mettre en évidence le profit, vraiment incroyable, que l'on est en droit d'espérer de l'irrigation, mais aussi les difficultés de divers ordres qu'il faut se préparer à surmonter. Les profits entrevus inviteront, je l'espère, notre administration coloniale à essayer de ce procédé d'enrichissement rarement encore appliqué par elle ; et les obstacles signalés lui donneront peut-être l'idée d'envoyer ses ingénieurs dans l'Inde pour y interroger *longuement* et *prudemment* l'expérience des

[1] Ce titre est trop compréhensif. On ne peut pas étudier en quelques pages l'irrigation aux Indes anglaises. Les Indes anglaises sont vastes presque comme l'Europe. Elles présentent les climats les plus variés. Cette variété des climats entraîne, en toutes choses, des différences considérables. L'irrigation des Provinces Centrales, du Rajputana, du Punjab, de Madras n'a de commun qu'une même appellation. Les solutions qui conviennent au Sud ne conviennent pas nécessairement au Nord, ni celles de l'Inde centrale aux régions plus voisines de la mer ou de la montagne. Les explications qui vont suivre auront, du moins, l'utilité de montrer la variété des conditions dans lesquelles le problème se présente. Mais personne, ni administrateur, ni ingénieur, ne pourra un seul instant espérer que les solutions qui ont réussi aux Indes réussiront nécessairement ailleurs. Il faudrait pour cela que les circonstances et les conditions fussent les mêmes partout. Tout le long de la route que nous allons suivre, il faut crier : prudence, pour prévenir les généralisations téméraires.

[2] Chaque province de l'Inde publie chaque année un Rapport sur les travaux d'irrigation. Ce Rapport fait partie d'un Rapport d'ensemble sur les travaux publics. Parfois il forme un fascicule distinct, consacré à la seule irrigation. Dans ces rapports, l'irrigation est généralement considérée du point de vue financier (Irrigation *revenue* Report of the Bombay Presidency for the year..., *Revenue* Report of the Irrigation department, Punjab, for the year..., Annual irrigation *revenue* Report, Sind..., Irrigation revenue Report of the North Western Provinces, for the year... Le même rapport est intitulé pour Madras : Administration Report of the irrigation branch of the Public Works Department. C'est toujours le même point de vue.)

En dehors de ces documents périodiques, il s'en publie d'autres.

Quand les Travaux publics entreprennent quelque grosse opération d'irrigation, comme le *Chenab Canal* (Punjab) ou le *Jamrao Canal* (Sind), les documents relatifs à ces entreprises ne se trouvent pas dans le *Rapport* annuel, lequel est consacré seulement au fonctionnement de ce qui existe; ils constituent alors des publications distinctes, toute une série de documents variés et épars, qui paraissent de temps à autre, et renferment, à eux tous, l'histoire du projet, de ses variations, des indécisions de l'Administration, etc., jusqu'au moment ou l'exécution est enfin autorisée et commencée.

Quand le canal est achevé, soit sur une de ses sections, soit entièrement, il s'agit d'en tirer parti, de préparer l'occupation des terres qu'il va fertiliser : c'est ce qu'on appelle *coloniser*. Paraît alors un nouveau document; par exemple : *Punjab; Report on the colonisation of the Government waste lands, situated in the Rechna doab and commanded by the Chenab Canal*, by captain F. POPHAM YOUNG, colonisation officer, Chenab Canal, Lahore — Punjab, G[t] press (1897).

Quand le canal est complètement terminé et remis au Département des Travaux publics, qui l'administre, paraît, après un délai plus ou moins long, un Rapport final, *Completion Report*, qui fait, pour l'instruction des futurs ingénieurs et administrateurs, l'exposé des circonstances qui ont rendu le canal désirable ou nécessaire, l'historique des projets et contre-projets, de l'exécution conduite et achevée et des résultats obtenus. Exemple : *Eastern Nara Canal* (Sind), *Completion Report*.

Enfin, de temps à autre, le Gourvernement de l'Inde adresse aux divers gouvernements provinciaux un document périodique, qui est ensuite répandu partout par leurs soins, et dont le but est de rendre compte des résultats financiers obtenus par l'irrigation dans l'Inde entière. Ce document comprend une nomenclature des travaux entrepris depuis le début, et fournit les chiffres concernant : le montant du capital qui y a été engagé et des intérêts de ce capital, avec, en regard, les recettes fournies par les divers ouvrages : recettes brutes, recettes nettes et profit, déduction faite de l'intérêt du capital consacré à chaque ouvrage. *Exemple* : N° 1203, C. W. I. Simla. 26[th] October 1901. *Note*, by A. R. BECHER, esq., *Accountant general*, *Public Works Department, upon the accounts of the Revenue and Expenditure of irrigation Works in India*, for 1898-1899.

Tels sont les documents, innombrables et inépuisables, on le comprend, sur lesquels je me suis appuyé pour ces études.

En outre, j'ai consulté un certain nombre d'ouvrages didactiques, dont voici les principaux :

Irrigation Works in India and Egypt, by R. B. Buckley 1 vol. in-8° de 348 pages avec de très nombreuses figures, cartes et plans, London, Spoon, 1893.

Roorkee treatise on Civil Engineering, Irrigation Work in India, by L[t]. C[l] CLIBBORN, 1 vol. in-8°, de 312-XLII pages, avec nombre de figures et plans, Roorkee, 1901.

Irrigated India, by ALFRED DEAKIN, in-8° de 322 pages, London, Thacker et C°, 1893.

Finances and Public Works of India, from 1869 to 1881, by Sir JOHN STRACHEY aud L[t] gen. RICHARD STRACHEY, un vol. in-8° de 468 pages., London, Kegan Paul, 1882.

The North Western Provinces of India, by W. CROOKE, 1 vol. in-8°, p. 142 à 152, Methuen, London, 1897.

Indian Polity, by gen. Sir. G. CHESNEY, 1 vol. in-8°, p. 285 à 300, London, Longmann et C°, 1894.

premiers techniciens qui soient au monde. Si cela arrive, j'aurai lieu d'être satisfait.

Mes voyages et mes travaux, en effet, n'ont jamais eu d'autre but que de proposer à l'étude et parfois à l'imitation de la France ce qui se fait de bien à l'Étranger. Métier souvent ingrat, moins agréable et moins fructueux que celui de distributeur de louanges, mais qui amène parfois avec lui sa récompense, quand le conseil a été goûté, suivi et trouvé profitable.

I. — Importance de l'irrigation aux Indes.

De tout temps, il y a eu aux Indes une relation étroite entre la famine et l'irrigation. Les anciens souverains de l'Inde, qui, à n'en pas douter, malgré toutes les affirmations intéressées des polémistes actuels, ont connu, même plus fréquemment que notre époque, les horreurs de la famine, ont laissé partout, sur les rives de l'Indus comme dans le sud de l'Inde, la trace des efforts tentés pour irriguer le pays et combattre la sécheresse et la famine. Plus tard, sous la domination anglaise, c'est encore par la famine au Bengale, de 1837-1838, qu'a été inspiré le grand projet du canal du Gange; par celle de 1853, les travaux de Madras; par celle de 1859-1860, les autres travaux des provinces du Nord-Ouest (aujourd'hui Provinces-Unies). Une autre famine, celle de 1864, qui désola Orissa et le nord de l'Inde, amena dans l'exécution des travaux d'irrigation la substitution de l'État aux compagnies privées (1865-1866), et inspira au gouverneur général, sir John Lawrence, sa politique des « travaux publics extraordinaires » (1867-1868), travaux qu'on devait exécuter d'abord sur les fonds du budget, et ensuite, quand le budget serait vide, sur des fonds d'emprunt.

Les plans de Lawrence étaient grandioses. Il comptait dépenser au début 500.000 livres sterling par an, puis développer les travaux au point de leur consacrer en dix années une somme totale de 30 millions de livres sterling. En fait, on resta loin de ce chiffre.

Ce n'est pas, d'ailleurs, que les causes impérieuses, sécheresse et famine, qui nécessitaient les travaux d'irrigation, eussent disparu. Depuis l'inauguration de cette politique, l'Inde a subi des famines terribles. On peut se demander si elle en sera jamais délivrée. Les populations qui l'habitent n'ont pas la notion de ce que Malthus appelait le *moral restraint*. Les enfants naissent plus vite et plus nombreux que ne poussent les pains. Le *ryot* (paysan), à quelque religion qu'il ressortisse, de quelque race qu'il descende, est imprévoyant. Les années d'infertilité le trouvent sans ressources. Une première année sans récolte, c'est la misère; une seconde, c'est la ruine; une troisième, c'est la faim et la mort. La période 1891-1901 a été désolée par de cruelles famines qui, en certains territoires, surtout chez les princes indigènes, ont décimé la population; et cependant le *census* de 1901 accuse une augmentation de 7 millions d'habitants[1].

L'Inde peut-elle assurer la nourriture d'une population qui croît sans cesse? Question de pluie; si la pluie manque, question d'irrigation; et pour le développement de l'irrigation, question d'argent; il y a encore des milliards de mètres cubes d'eau qu'on peut empêcher de s'écouler infructueusement à la mer et distribuer dans les campagnes infertiles. Seulement, plus on avance et plus l'irrigation coûte cher. Si l'on doit se heurter quelque jour à des travaux qui ne paient pas, il est à craindre que ce ne soit là le terme de l'irrigation possible: la famine permanente ne peut pas se combattre avec de l'argent de charité.

L'Inde reçoit une quantité énorme de pluie. Elle est, on peut employer l'expression, desservie par deux vents contraires et alternant sous l'influence des mouvements du soleil; la mousson du Sud-Ouest lui amène les nuages chargés d'eau de l'océan Indien; la mousson du Nord-Est, beaucoup moins abondante et plus précaire, lui amène ceux du continent asiatique et, pour une partie, de la baie du Bengale. Mais la hauteur et la direction de ses montagnes empêche la distribution, égale par tout le territoire, de la pluie que ces nuages apportent avec eux. Sur les pentes des montagnes qui courent le long de la côte du Malabar et sur celles de l'Himalaya, l'eau est précipitée avec une abondance inouïe, tandis que l'intérieur du pays est exposé à n'en pas recevoir. En sorte que l'aire de la pluie assurée se restreint à la côte du Malabar et au fond de la baie du Bengale jusqu'à l'Assam; le reste peut être privé d'eau. Non loin de Bombay, il tombe par an, 179 pouces d'eau (le pouce anglais = 2, 5 centimètres); à Goa, 140 pouces; du cap Comorin à Bombay plus de 100 pouces; dans la baie du Bengale, 70, 80 et 100 pouces; sur les contreforts de l'Himalaya, à la hauteur de Lahore, 40 pouces; à celle de Lucknow 50, à celle de Calcutta, 80 et 100 pouces; dans les *Western Ghats*, 40 à 50 pouces, et, à mi-chemin de leur course Nord-Sud, 64 pouces; dans les *Eastern Ghats*, de 40 à 50 pouces; à Madras, 40 pouces et plus; dans Mysore et Hyderabad, moins de 30 pouces. A lire ces chiffres, à

[1] En 1901, 294.267.000 habitants contre 287.317.000 en 1891. Les provinces britanniques ont donné un acroissement de 9.818.000 habitants, soit + 4,44 °/₀ de la population de domination britannique; les Etats indigènes, une diminution de 2.868.000, soit — 4,34 °/₀ de la population des États indigènes. En sorte que, déduction faites des pertes, l'accroissement total a été réduit à 6.950.000 habitants, soit + 2,42 °/₀ de la population totale de l'Inde.

suivre sur la carte les localités et les surfaces désignées, ou pourrait penser que l'Inde est un pays largement arrosé. Il n'en est rien. Des régions entières, même voisines de celles où il tombe une pluie si abondante, n'en reçoivent pas. Les chaînes de montagne arrêtent et gardent tout; à leur pied, des plaines demeurent sèches et stériles, et n'ont d'autre ressource que d'arrêter par des travaux appropriés et d'emmagasiner une partie de cette eau bienfaisante. De plus, une partie de l'Inde est quasi désertique, et ne reçoit que peu ou pas de pluie: le Rajputana, 10 pouces; le Sind, de 2 à 4 pouces; le Punjab occidental, de 2 à 4 pouces. Dans le Jeypore, État indigène du Rajputana, du 11 juillet 1899 au 9 juillet 1900, il n'est pas tombé de pluie du tout. Dans la capitale de l'Etat, à Jeypore même, il est, en 1899, tombé 12,75 pouces au lieu de la moyenne de 20 pouces; tous les puits et toutes les citernes étaient à sec.

Dans ces régions déshéritées, où la pluie se gagne comme à la loterie, c'est quelque nuage isolé qui, poussé par un vent capricieux, ici apporte de l'eau et là en refuse; la distribution a quelque chose de tout à fait irrégulier. Dans un même canton (je choisis ce mot à dessein, car il représente pour nous autres, Français, exactement l'étendue de territoire que j'ai en vue), tel village reçoit de la pluie, et tel autre, tout à fait voisin, n'en reçoit pas du tout. Dans un même *taluka* (étendue équivalant à une dizaine de cantons) du Deccan, que j'ai visité en décembre 1900, et pour une même période, 34 villages n'ont pas eu de pluie du tout, 32 en ont eu un peu, quelques-uns en ont eu *a fair amount*, un contingent passable, quelques autres, *a good quantity*, une bonne quantité. De deux villages que j'ai visités, séparés entre eux par 3 ou 4 milles au plus, l'un avait des récoltes misérables (évaluées à 2 ou 4 annas)[1], l'autre des récoltes supérieures à la moyenne (10 annas). Il est à noter qu'une petite portion de ce dernier village était irriguée.

Ce n'est pas tout : la pluie, si variable dans sa distribution, l'est également dans son intensité. A Madras, on compte, par exemple, année moyenne, une chute de pluie de 48 pouces : un certain jour, il en est tombé 43 pouces en vingt-quatre heures; une autre fois, à Bellary, également dans la province de Madras, 50 pouces en trente-six heures : les appareils automatiques étaient impuissants à enregistrer. On comprend, du reste, que la même quantité de pluie n'est pas toujours également bienfaisante. La terre, pas plus que l'estomac, ne peut, en un jour, absorber ce qui lui est nécessaire pour des mois. Elle veut des repas modérés, réguliers et espacés. Trop de pluie n'est pas nécessairement un bien. Ou encore une pluie trop tardive, ou une pluie trop froide, sortant d'un ciel neigeux, à une époque où déjà la terre s'est échauffée au soleil, et où les moissons commencent à lever.

Pour tous ces motifs, il est évident que la pluie est un phénomène d'une capitale importance pour l'Inde agricole. Les journaux ont des chroniques qui content ses faits jour par jour : pluie rare, pluie abondante, pluie redoutée. Dans presque chaque village, il y a un appareil, plus ou moins rudimentaire, qui permet d'évaluer la quantité de pluie tombée sur une surface donnée. Le maître d'école parfois va le consulter, et prend ses notes. Le paysan interroge plutôt le ciel; il regarde d'un œil triste le champ qui sèche et le bœuf qui tire la langue. Il cause avec eux de ses misères et de ses craintes; il les entretient aussi de ses espérances : car l'eau que le ciel lui refuse, la prévoyance et l'art des hommes vont peut-être pouvoir la lui donner. C'est ici que l'irrigation entre en scène.

Elle n'est pas aux Indes chose nouvelle. Elle ne l'est pas dans le monde. L'Egyptien y était passé maître. Le Romain — voyez notre Tunisie, par exemple — y a excellé. Les anciens dominateurs

[1] Pour ceux de nos compatriotes qui voudront étudier plus complètement ces questions, je crois devoir donner dans ces études, au fur et à mesure des rencontres, la définition de certains termes des langues indigènes qui émaillent les publications privées ou officielles. Les fonctionnaires anglais connaissent bien les idiomes des provinces où ils servent; de plus, ils emploient une sorte de *lingua franca*, un hindoustani plus ou moins correct, qui se parle d'un bout de l'Inde à l'autre. Ils sont si familiers avec cet hindoustani, qu'ils n'hésitent pas à user constamment, dans leurs rapports écrits ou dans la conversation, de termes indigènes techniques, compris d'ailleurs de tout le monde. La lecture d'un ouvrage qui a rapport à l'impôt, aux finances, à la terre, à l'agriculture, en devient difficile pour quiconque ne sait pas l'hindoustani. Sans compter que là où s'arrête le domaine de l'hindoustani, les idiomes locaux le remplacent. Dans le Sind, les termes techniques seront en sindhi; sur la frontière du Nord-Ouest, en pushtu; dans le Sud, en tamoul, etc. A cause de cela, on a dû, pour l'usage même des Anglais, publier un dictionnaire spécial, *Glossary of Anglo-Indian Words*, par Yule and Burnell, appelé vulgairement HOBSON-JOBSON, London, Murray. Une nouvelle édition de ce dictionnaire vient de paraître. Ceci dit — et j'aurai à en donner plus d'un exemple — l'*anna*, $\frac{1}{16}$ (seizième partie) d'une roupie, est employé en langage courant, et même administratif, comme unité de mesure. Dans l'espèce indiquée au texte, une admirable récolte est une récolte de 1 roupie ou de 16 annas; une récolte nulle, de 1 anna; une récolte de 10 ou 12 annas est une bonne récolte; celle de 6 à 8 annas est moyenne; celle de 4 annas est misérable. Il est, d'ailleurs, vraisemblable qu'au début, au lieu de servir à évaluer la qualité de la récolte, ce mode de supputation par annas a dû servir à exprimer l'impôt auquel ladite récolte était taxée. A l'appui de cette opinion, on trouverait plus d'un texte dans les documents administratifs émanés des Etats indigènes.

Cette forme de langage a été, plus tard, appliquée à d'autres sujets. On dira couramment : un tel a bien deux *annas* de sang de couleur, pour dire qu'il n'est pas rigoureusement de pure race blanche.

de l'Inde en ont apprécié l'usage et connu les procédés. Ils ont laissé derrière eux une énorme quantité d'aqueducs et de canaux, les uns, que le temps a mis hors d'usage, les autres, que les Anglais ont entretenus et utilisent. Du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest, en territoire britannique et en territoire indigène, on pratique l'irrigation. Elle est l'auxiliaire universelle.

Cela est fait pour surprendre. A première vue, on croirait que son action utile dût être limitée. Si l'on demandait : Quels pays ont besoin d'être irrigués? quiconque n'est pas initié croirait devoir répondre : les pays qui ne reçoivent pas de pluie ou qui n'en reçoivent pas assez. La réponse est exacte, mais insuffisante et pas assez compréhensive. Sans doute, au Sind, qui ne reçoit que 2 ou 4 pouces d'eau, l'irrigation est indispensable; mais Madras et le Bengale, qui en reçoivent de 30 à 50 pouces et davantage, en ont besoin aussi. Il y a plus : dans le Deccan, où il pleut fort peu, l'irrigation ne réussit pas; dans la présidence de Madras, où la moyenne de la pluie est élevée, l'irrigation réussit à souhait. C'est que la quantité de pluie qui tombe du ciel n'est pas le seul élément à prendre en considération. Il en est d'autres.

C'est, d'abord, la nature du sol. Une même quantité de pluie est ou n'est pas suffisante pour les besoins de l'agriculture, suivant la nature du sol qui l'a reçue; un sol perméable à l'excès la laisse fuir presque en entier et n'en garde rien; un sol trop compact la retient presque toute; un sous-sol argileux en arrête une partie, réserve salutaire pour les jours de sécheresse. On peut donc, même sans l'avoir vérifié, prévoir que, de deux régions de l'Inde qui reçoivent une même quantité de pluie, l'une pourra s'en contenter, l'autre devra demander un supplément d'eau à l'irrigation.

C'est, ensuite, la distribution de la pluie plus ou moins régulière, répartie sur un nombre de jours plus ou moins considérable. Je n'insiste pas, c'est l'évidence même. Il y aura ou il n'y aura pas lieu de demander à l'irrigation un complément d'eau, suivant que la terre aura, grâce aux pluies, pu se constituer lentement et peu à peu une réserve puissante d'humidité, ou qu'au contraire l'eau, d'égale abondance, aura avec impétuosité couru à la surface du sol, sans le pénétrer.

D'autres facteurs, naturels ou artificiels, interviennent encore. Sous l'Equateur, sous les Tropiques, le soleil distribue sa chaleur de façon constante et presque régulière. Le sol n'est donc pas, comme dans nos pays, condamné à des mois de sommeil et de repos. Il ne demande, pour travailler et faire lever des moissons, que le bras de l'homme et l'action de l'eau. Si au lieu de l'attendre de la pluie à une époque donnée et pendant une période limitée, on peut en tout temps demander cette eau à volonté à l'irrigation, on est en droit, au lieu d'une récolte, d'en espérer deux ou trois. C'est ce qu'on voit, par exemple, dans les provinces de Madras, spécialement pour la culture du riz.

Enfin, pour décider si l'irrigation a ou non chance de réussir dans une province déterminée de l'Inde, il faut savoir encore ce qu'y sont les modes de culture et les modes de tenure des terres. L'agriculture n'est pas partout également avancée. Dans certaines régions, la jachère joue un rôle excessif, et le système des rotations est tout à fait primitif; le paysan n'y est même pas arrivé à demander au sol une récolte par an : l'irrigation, jusqu'ici, n'a qu'y faire. Ailleurs, c'est la tenure des terres qui seconde ou retarde le succès de l'irrigation. Dans le Bengale, ou la terre appartient à de grands propriétaires (*Zemindars*), qui ne l'exploitent pas eux-mêmes et laissent tout le fardeau de la culture à des paysans, l'irrigation ne sera jamais très populaire. Elle l'est, au contraire, extrêmement dans le Punjab, où le ryot, s'il n'est pas juridiquement propriétaire de la terre, l'occupe en fait, en jouit comme si elle était à lui, et ne recule ni devant les frais ni devant le travail pour en tirer tout ce qu'elle peut donner.

C'est pour cet ensemble de raisons que l'irrigation s'est plus ou moins développée par toute l'Inde : ici, parce que l'eau de pluie fait défaut; là parce que l'eau d'irrigation, s'ajoutant à l'eau de pluie, procure des avantages imprévus. C'est, par exemple, le riz, qui, irrigué, rend en quantité 20 pour cent de plus que le riz non irrigué. C'est le prix et le loyer de la terre qui montent dans des proportions inespérées. La Commission de la famine de 1880[1] déclarait que l'irrigation, à l'ordinaire, agissait, à cette époque, sur le loyer de la terre, dans le nord de l'Inde, pour le doubler, dans certains districts de Madras, pour le quadrupler, dans la division de Tinivelli (Madras), pour le décupler. Dans l'état de Mysore, vallée du Cauvery, la meilleure terre non irriguée valait 2 £ 10 l'acre

[1] *Commission de la famine de 1880*, parce qu'il y a eu plusieurs Commissions de famine, et qu'il faut les distinguer soit par la date de leur création, soit par le nom de leur président. La dernière est celle de 1901, appelée Commission de Sir Antony Macdonnell, du nom de l'homme tout à fait éminent (*rara avis*) qui l'a présidée. Chaque famine presque voit surgir sa Commission de la famine. Cette Commission se promène à travers l'Inde, enquête, étudie, publie un Rapport, dont les conclusions, en principe adoptées, ont d'autant plus de chances d'être appliquées que le fléau de la famine menace de durer plus longtemps. Il y en aurait long à dire sur ce système des commissions dans l'Inde. Elles ont cet avantage qu'elles fournissent des éléments de travail précieux, une documentation abondante et sûre et que, pendant quelques mois, parfois quelques années, elles forcent à réfléchir et tirent de leur application bureaucratique les hauts fonctionnaires qui dirigent les affaires provinciales.

(l'acre = 40 ares 1/2); l'acre de terre irriguée vaut 35 £. Dans le Deccan, telle terre qui valait 50 roupies (la roupie = actuellement 1 franc 65) l'acre, en vaut, irriguée, 500. Ce n'est pas tout. L'irrigation permet de remplacer les cultures pauvres par les cultures riches. Là où la récolte traditionnelle était le millet ou l'orge, l'irrigation a rendu possibles le blé, le riz, la canne à sucre. Durant la saison où la terre demeurait improductive, elle permet une moisson supplémentaire : l'indigo. Enfin elle agit, d'une manière à la fois mécanique et chimique, sur certains sols considérés jusqu'alors comme improductifs, qu'on appelle, en langue indigène, terre *usar*, terre *kallar*, terre *kalrati*, sols qui contiennent des sels variés suivant les lieux : chlorures, sulfates, carbonates (en langue du pays, *reh* ou *shora*).

Quelquefois, ces sels se manifestent par des efflorescences blanchâtres sur le sol. Dans une partie du Sind, le long de la ligne qui va de Kotri à Sukkur, ou encore de Shikarpur à la frontière du Bélouchistan; dans une partie du Punjab, en allant de Mooltan à Wazirabad, dans le district de Gujranwalla, ces efflorescences vont jusqu'à donner aux paysages l'aspect poudré de nos campagnes en décembre, par une belle matinée de froid et de soleil. En particulier, dans ce district de Gujranwalla, à l'endroit ou l'on a branché sur la Chenab le canal du même nom, il y avait des terres *usar*, qui, de temps immémorial, avaient été déclarées incultivables. On aurait pu les débarrasser de leur sel en les laissant longtemps sous l'eau. Mais la quantité moyenne de pluie, de 10 à 20 pouces par an, était tout à fait insuffisante. On savait aussi que la culture du riz avait pour effet de nettoyer le sol et de le rendre propre désormais aux autres cultures. Mais, pour le riz, il faut beaucoup d'eau. L'ouverture du canal de la Chenab permit d'amener de l'eau en abondance, de cultiver le riz sur de grandes étendues; presque du jour au lendemain, les paysans s'y mirent et ces terres, jusqu'alors stériles, devinrent leurs terres préférées.

A tant d'avantages de l'irrigation, on ne peut opposer que deux inconvénients sérieux. L'un, — si les travaux d'irrigation sont mal conçus et n'assurent pas un bon écoulement des eaux, — d'amener la *malaria* dans des pays jusqu'alors parfaitement salubres; c'est affaire aux ingénieurs : j'y reviendrai. L'autre, c'est, dans certaines régions pauvres, sur des terres inférieures, de donner successivement des illusions et des déceptions aux paysans. L'irrigation permet de mettre en culture des terres jusqu'alors infertiles — et, sous l'influence, sous le coup de fouet, qu'on me passe l'expression, de l'eau survenant, d'en obtenir quelques moissons. Mais, peu à peu, cette terre naturellement pauvre, que la culture épuise, et que l'engrais n'enrichit jamais, cesse de produire, et ce résultat si naturel confirme le paysan dans cette idée désolante et funeste que, dans l'Inde, la fertilité du sol diminue[1].

Par ce qui précède, on peut déjà juger de l'importance pour l'Inde de l'irrigation. L'Inde l'apprécie pleinement. Aussi les Anglais ont-ils donné aux travaux d'irrigation une impulsion et un développement qu'aucune époque n'avait connus. Pour combattre la famine, ils ont multiplié les chemins de fer qui, des districts fertiles, transportent les grains (blé, riz, millet) jusqu'au cœur des districts visités par la sécheresse. En même temps, pour accroître les récoltes sur lesquelles le paysan subsiste, ils ont imprimé une grande activité au service de l'irrigation et entrepris des travaux immenses et coûteux. Aujourd'hui, la cause de l'irrigation n'a plus d'adversaires. M. James, aujourd'hui Sir H. E. M. James, K. C. I. E., qui s'est retiré il y a deux ans comme *Commissionner* du Sind, a mentionné, dans le *Rapport sur l'irrigation* de cette province pour 1898-99, que, quand il y vint recevoir le Service des mains de son prédécesseur, M. Trevor, celui-ci lui dit : « *Irrigation is the principal, if not the only subject* — l'irrigation est le principal sujet dont il vaille s'occuper, sinon le seul. »

Aussi, le Sind attache-t-il une importance capitale à l'irrigation. Il a, en 1892, constitué un Comité de l'irrigation, accru considérablement son personnel et commencé, depuis lors, de gros travaux, tels que le Jamrao canal, qui coûte 80 lakhs de roupies (1 lakh = 100.000 roupies), les travaux de Dad, Noulakhi, Nasrat, qui coûtent 40 ou 50 lakhs, etc.

Mais le Sind, qui a vu peut-être les premiers travaux d'irrigation entrepris dans l'Inde par les souverains indigènes (*canaux d'inondation* dérivés de l'Indus, sur lesquels je reviendrai plus tard), avait, au contraire, sous l'Administration britannique, été précédé par plus d'une province :

Le Behar, qui, au prix de 2.500.000 £[2], a tiré de

[1] Dans certaines régions, des esprits sceptiques y ajoutent ce troisième désavantage : Quand le paysan a de l'eau en abondance, soit par des pluies suffisantes, soit par le bienfait de l'irrigation, alors, assuré d'une belle récolte qui lui permet de vivre, n'ayant plus à s'inquiéter de sa nourriture, il se fait voleur de grands chemins.

[2] Le fait que les sommes sont exprimées en livres sterling indique que les dépenses remontent à une époque déjà lointaine de nous, où la roupie valait 2 shellings, soit 2 fr. 50, et où 10 roupies faisaient exactement une livre sterling. A cette époque, on comptait indifféremment, en finances publiques, par dizaine de roupies, ce qui s'écrivait Rx, ou par livres sterling (£). Puis, à partir de 1873, la roupie s'est mise à baisser d'année en année, et l'équivalence entre le Rx et la £ n'a plus pu être maintenue. Dès

la rivière Sone, un affluent du Gange, de quoi irriguer 300.000 acres;

Orissa, qui, ayant vers 1865-1866 dépensé, pour combattre la famine, près de 1.300.000 £ en pure perte et sans pouvoir sauver un million de personnes qui périrent de faim, a constitué un système de canaux qui n'aura pas coûté moins de 3.100.000 £ et qui, cependant, reste une des entreprises d'irrigation les moins fructueuses de l'Inde contemporaine;

Les Provinces Unies, qui ont greffé sur le Gange deux canaux, l'un *Ganges Canal*, l'autre *Lower Ganges Canal*, étroitement combinés, et dont le second sert à alimenter en partie le premier, tous deux ayant un développement de 5.500 milles (10.000 kilomètres) de branches et de conduites secondaires, et ayant coûté 6 millions de £;

Madras, présidence où jusqu'ici l'irrigation a remporté ses plus beaux triomphes, sinon par l'ampleur des plans, du moins par un développement considérable de travaux difficiles et compliqués, par l'emploi simultané de tous les procédés, réservoirs, citernes et canaux, et par un rendement financier — on le verra — supérieur ou égal à celui de toute autre province.

La présidence de Bombay est moins heureuse. Une faible portion seulement de l'aire irriguable y est irriguée. Dans les autres provinces, quoi qu'on ait beaucoup fait, il y a certes encore beaucoup à faire : voyez, par exemple, dans la présidence de Madras, le district de Nellore, où sept rivières importantes n'ont encore rien fourni à l'irrigation. Dans le Sind et dans le Punjab, il reste encore abondance de terres qui ont soif et nombre de rivières qui vont perdre dans la mer leur eau inutilisée. Mais à Bombay la proportion des terres sans eau est plus grande encore. On n'irrigue guère, dans la présidence de Bombay proprement dite, qu'un tiers de ce qui pourrait être irrigué. De plus, il y manque les grandes rivières et une disposition heureuse des terrains. Au lieu de ces vastes travaux de canalisation que se permettent le Punjab et le Sind (cette dernière province fait partie, il faut le noter, de la présidence de Bombay), travaux qui, d'un coup, fertilisent un demi-million d'hectares, on a été, à Bombay, réduit à des entreprises nombreuses et mesquines d'emmagasinement de l'eau dans des réservoirs et des citernes. Ces entreprises ont donné des résultats financiers médiocres ou mauvais. L'Administration en a perdu le goût. La population n'y tient pas. Des deux côtés, on s'est résigné à une politique de retranchements et d'économies, si bien que le budget de l'irrigation est devenu, d'année en année, moins important. Toutefois, la dernière famine (1899-1901) a ému et l'opinion et l'Administration; on a pris en considération cette parole si frappante de Sir A. P. Macdonnell : qu'il faut désormais « se préparer à la famine partout où l'on n'aura pas pris soin de faire de l'irrigation ». Et, de toutes parts, on étudie l'extension possible de l'irrigation.

Ce n'est pas une œuvre très facile. On a déjà beaucoup fait. L'Inde est le pays du monde où l'irrigation a pris le plus de développement. S'il faut en croire une statistique assez récente, la France irriguerait 400.000 acres, l'Espagne 700.000, l'Italie 3.750.000, l'Égypte 5.000.000, les États-Unis 7.500.000 et l'Inde 30 millions d'acres. Ce dernier chiffre ne peut être considéré comme exact que si l'on englobe, dans le domaine de l'irrigation, les terres qu'irriguent les puits aussi bien que celles qu'irriguent les canaux alimentés par les réservoirs et les rivières. L'ambition de l'Inde est d'arriver à irriguer 25 à 30 millions d'acres par les seuls canaux. Elle y parviendra : partout l'on se met à l'œuvre.

A Bombay, province qui a le plus à faire étant le plus en retard, l'ingénieur Beale a tracé les grandes lignes de l'enquête préliminaire à ouvrir sur ce qui est possible en fait d'irrigation : *a*) pour les ouvrages importants, se rendre compte du débit normal des rivières : Mahi, Sabarmati, Tapti, et de la possibilité d'y élever des barrages, desquels partiraient des canaux de distribution; *b*) pour les ouvrages moindres, rechercher les localités qui comportent des citernes et des canalisations; *c*) enfin, dans le Dekkan, aviser à accroître le nombre des puits.

Pour l'ensemble de l'Inde, le vice-roi, Lord Curzon, a institué une « Commission de l'irrigation », qui doit faire un rapport d'ensemble sur cette grave question. Le plan qu'on lui a tracé lui impose une tâche lourde et, pour certaines parties, superflue. A quoi bon rechercher et décrire ce qui est déjà connu et enregistré? Les vraies questions intéressantes ne lui ont pas été posées. Par exemple celle-ci : Dans quelle mesure faut-il entreprendre même des travaux d'irrigation qui ne paieront pas? Où celle-ci encore : Étant donné que les ressources du budget sont limitées, quels sacrifices faut-il demander au budget de la défense, qui intéresse la domination britannique, en faveur du budget de l'irrigation, qui intéresse l'existence même de la population indigène? Quoi qu'il en soit, voici les

lors, il a fallu tenir les comptes et énoncer les chiffres non plus en livres sterling, mais seulement en roupies : pour les petites sommes en Rx (10 roupies), pour les grosses sommes, en *lakhs* de roupies (100.000 roupies) ou en *crore* (100 lakhs). La roupie, à la suite de la décision prise par le Gouvernement de l'Inde, vers 1894, de fermer ses Monnaies à la frappe de l'argent, a été, en quelque sorte, consolidée au taux actuel de 1 shelling et 4 pence (1 fr. 65) et la livre sterling s'échange couramment au taux fixe de 15 roupies.

points sur lesquels elle doit faire porter son enquête :

1° L'utilité de l'irrigation;

2° Les résultats que l'irrigation a déjà donnés;

3° La marge qui reste pour de nouveaux travaux;

4° La mesure dans laquelle les ressources locales en eau pouvant servir à l'irrigation ont déjà été utilisées par l'initiative privée, et la possibilité, pour l'Administration, de stimuler l'effort individuel. En particulier, l'extension, d'une importance primordiale, de la culture au moyen des puits;

5° Les travaux qui, en temps de famine, peuvent être entrepris pour venir au secours de la population, considérés de ce double point de vue : fournir du travail et des salaires aux habitants et, en même temps, exécuter des ouvrages dont l'utilité et l'efficacité soient incontestables.

La Commission s'est mise à l'œuvre. D'ici à peu de temps, nous aurons son Rapport. Il ne peut, d'ailleurs, apporter aucun élément théorique nouveau. L'utilité et les conséquences de l'irrigation sont connues et incontestables. Il nous reste à dire quels en sont les procédés, les agents et les résultats.

II. — Les divers procédés d'irrigation.

Au point de cette étude où nous sommes arrivé, on voit maintenant plus nettement le rôle de l'irrigation aux Indes. Elle n'est plus seulement, comme elle fut au début, une protection temporaire contre la famine, — fléau exceptionnel; — elle est aussi, on pourrait même dire surtout, une auxiliaire constante de l'agriculture contre son ennemi le plus redoutable: la sécheresse habituelle. Et cette distinction a son importance pratique. Quand on prétend lutter contre la sécheresse habituelle, on doit s'inquiéter de se procurer de l'eau à des conditions pécuniaires avantageuses, ou tout au moins acceptables, la puiser à des sources qui ne tarissent pas, et l'amener où il convient par des procédés qui ne manquent jamais ou, du moins, presque jamais leur effet. Quand on prétend lutter contre la famine, c'est-à-dire à la fois contre le manque d'eau temporaire et contre la détresse d'une population à laquelle on veut faire gagner de quoi subsister, on peut et on doit s'attendre à des dépenses d'argent exorbitantes, hors de proportion avec l'utilité espérée : prendre l'eau quand elle vient, autant qu'il en vient et si peu qu'il en vienne, et l'emmagasiner du mieux qu'on peut, avec l'espoir, non toujours réalisé, de s'en servir au moment opportun. Ce sont là, on le voit, des circonstances et des conditions bien différentes. Contre la sécheresse habituelle, on ne peut lutter efficacement qu'au moyen des canaux d'irrigation permanents (entreprises publiques), ou, si la région ne permet pas les canaux, au moyen de puits, œuvre des particuliers, que l'État peut encourager par des subventions ou des prêts (*takavî*). Contre la famine, laquelle aujourd'hui est à redouter surtout dans les régions qui n'ont pas d'eau ou n'en ont que de façon intermittente, on recourt surtout aux citernes et aux réservoirs. Mais, c'est une opinion presque unanime, réservoirs et citernes ne sont qu'un pis aller, dont on s'arrange faute de mieux.

§ 1. — Citernes, réservoirs.

Ce procédé, emmagasiner l'eau dans des citernes et dans des réservoirs, pour la distribuer à l'époque où l'agriculture en demande, est usité surtout dans des régions où les rivières ne coulent à pleins bords, chaque année, que pendant quelques semaines, parfois quelques jours, ou encore dans lesquelles les pluies, par places extrêmement abondantes, sont réparties, sur l'ensemble du territoire, de la façon la plus inégale.

En sorte que l'on est, dans ces régions, amené à recueillir et emmagasiner l'eau qui présente l'un de ces deux caractères : d'être en excès sur un point donné ou pendant une période donnée.

Dans la Présidence de Bombay, par exemple, sur les contreforts des montagnes appelées Ghats, il tombe, durant la mousson du Sud-Ouest, par places, jusqu'à 3, 4, 5 mètres de pluie. Il y a même tels points exceptionnels où il en tombe davantage encore. Or, tandis que, sur ces montagnes et sur leurs pentes, s'abat une pareille masse d'eau, les plaines, à leurs pieds, n'en reçoivent que des quantités insuffisantes. A cause de cela, il y a nécessité de recueillir l'excès d'eau tombée sur la montagne, et de l'emmagasiner dans des réservoirs, pour l'envoyer plus tard, par des canaux appropriés, aux champs des étages inférieurs. Voilà une première utilité des réservoirs.

En voici une seconde : Dans certaines provinces, comme, par exemple, le Rajputana, les rivières, alimentées par des pluies courtes et peu abondantes, ont forcément un cours intermittent. Pour celles-là, l'année ne se partage pas en une saison de hautes eaux et une saison de basses eaux, mais en une saison où il y a de l'eau dans le lit de la rivière et une autre saison où il n'y en a, pour ainsi dire, pas.

Dans les campagnes qu'elles traversent, la vue de cette eau, si rare toujours, qui coule et passe inutilisée, a dû, de bonne heure, suggérer au cultivateur le désir de l'arrêter et de la retenir : de là, encore, une invitation à construire des digues, des réservoirs et des citernes.

Enfin, il se présente encore une double occasion d'emmagasiner l'eau dans les circonstances sui-

vantes. Certaines rivières, par exemple dans la Présidence de Madras, qui descendent de montagnes couvertes de forêts, arrivent, dans la partie inférieure de leur cours, au voisinage de la mer, sur des terrains qui forment généralement un delta, avec un volume d'eau considérable, qu'on utilise pour l'irrigation de ce delta même, au moyen de canaux permanents. D'autre part, dans leur partie supérieure, dans la montagne, là où le cours d'eau principal n'est pas encore formé, où ses affluents ne sont encore que ruisseaux et rivières de médiocre importance, on arrête, pour le profit des cultivateurs de la région voisine, partie de l'eau, avant qu'elle ne descende dans la plaine, et on l'emmagasine dans des réservoirs. Les procédés d'emmagasinement varient. Certains de ces réservoirs reçoivent leur eau du lit même du ruisseau ou de la rivière; certains autres la reçoivent directement des pentes de la montagne. En sorte que le barrage, qui doit arrêter l'eau, est bâti en travers tantôt de la rivière ou du ruisseau, tantôt d'une gorge de la montagne, tantôt enfin de toute une vallée plus ou moins large.

La quantité d'eau que l'on peut emmagasiner par ces procédés est extrêmement variable. Elle varie avec la formation géologique de la région, avec le développement des forêts, avec la direction de la mousson, avec la durée pendant laquelle tombe une même quantité de pluie. Il faut tenir compte de ces facteurs pour calculer la résistance des barrages, la section des aqueducs, etc.

On a calculé que, lorsqu'on cherche à recueillir dans un réservoir l'eau qui tombe sur les pentes d'une vallée, on arrive à des chiffres variant entre 10 °/ₒ et 50 °/ₒ de l'eau tombée.

C'est, d'ailleurs, un procédé fort coûteux. Tandis qu'un acre, irrigué par le procédé des canaux ou des puits, coûte, en moyenne, 30 roupies, et même, dans les plaines, 20 roupies; irrigué par l'eau emmagasinée dans des réservoirs, il coûte au minimum 150 à 200 roupies et parfois même, — c'est le cas des grands réservoirs de la Présidence de Bombay, — 400 roupies.

Ces procédés d'irrigation — barrages et réservoirs ou citernes combinés — sont extrêmement employés dans la province de Madras. On y compte près de 1.200 de ces barrages, dont chacun contribue à alimenter un ou plusieurs réservoirs. Par exemple, dans le district de Madura, la rivière Suruli et ses tributaires sont largement saignés pour le profit de l'agriculture. Le Suruli descend des *Western Ghats*; il y prend sa source par 2.000 mètres d'altitude, en un point où il tombe de 2 mètres à 2^{m},50 d'eau. Avant que toute cette eau soit descendue dans la plaine, on en recueille une partie, à divers étages de sa course. Dans un seul des petits bassins secondaires qui dépendent du système du Suruli et de ses affluents, dans le bassin de Suriliyar, on ne compte pas moins de 127 systèmes distincts d'irrigation, qui, à eux tous, arrosent près de 8.000 hectares. Une partie de cette irrigation est pratiquée au moyen des petits canaux branchés directement sur le cours de la rivière; une autre partie au moyen de citernes qui recueillent les eaux des terrains environnants; une autre partie, enfin, au moyen de citernes, qui sont alimentées, pendant la saison où l'eau est abondante, avec l'eau de la rivière même.

Le mot citerne (*tank*) doit être expliqué. Ce n'est pas cette espèce de cave en murs, dûment maçonnés et cimentés, que nous avons dans mainte de nos maisons de province et de campagne, et dans laquelle nous recueillons les eaux pluviales. C'est bien quelquefois un vaste réservoir maçonné, comme les réservoirs publics que nous connaissons en Europe. C'est aussi quelque chose de tout à fait différent.

C'est, en plein champ, dans une vallée ou dans une gorge, une déclivité dont on ferme le fond par un barrage (*dam*), lequel va s'appuyer aux deux côtés de la gorge ou de la vallée. Si c'est une citerne destinée à combattre la famine, ouvrage dont l'utilité première est moins d'emmagasiner l'eau que de fournir du travail aux paysans affamés, lesquels, avec l'argent ainsi gagné, s'achètent de quoi vivre, la citerne est exécutée plus ou moins grossièrement par les habitants mêmes, sous la direction d'agents, souvent improvisés, qui relèvent du Service civil. On barre d'abord la vallée par un barrage de pierre et de terre, non maçonné, qui la coupe dans toute sa largeur; mais on n'aplanit pas le sol, on le laisse avec ses accidents naturels, ses ravins, ses fossés, ses sentiers, avec les arbres qui y croissent (voyez la figure 1); l'eau de pluie, coulant sur les pentes de trois côtés, viendra s'accumuler dans la déclivité; là, elle sera arrêtée par le barrage, s'élèvera peu à peu, et séjournera sur le sol, à ciel ouvert, pour fournir, quand la sécheresse viendra, aux hommes, aux animaux et aux champs, de quoi se désaltérer, à condition toutefois que l'évaporation ou la percolation n'en absorbent pas la plus grande partie.

J'ai eu l'occasion de voir, en 1901, près d'Ahmednagar, non loin de Poona, dans la Présidence de Bombay, lieu rendu célèbre en Europe parce qu'il fut marqué par la présence des Boers prisonniers, la construction d'une vaste citerne (tank), qui était, en style administratif, qualifié de *relief work*, travaux publics entrepris pour venir au secours d'une population envahie par la famine. Dans la Présidence de Bombay, de pareils travaux étaient nombreux. Dans le seul district d'Ahmednagar, il y

avait cinq chantiers ouverts, mais des chantiers énormes.

Je visitai celui de ce qu'on appelait *Visapur Tank*. Il avait été ouvert en 1896-1897. On y avait alors dépensé 34.000 roupies, dont il ne resta presque aucune trace. Puis on l'avait rouvert en décembre 1899, pour donner du travail aux populations affamées. On avait, durant la campagne 1899-1900, dépensé 143.000 roupies, le plan d'ensemble comportant une dépense de 1.325.000 roupies.

Au moment de ma visite, il comptait 4.950 travailleurs. Le nombre, d'ailleurs, n'en était pas exactement limité. On s'arrangeait pour en accepter autant qu'il en viendrait, jusqu'à concurrence de 12.500. C'est qu'il en vient, sur ces sortes de chantiers, plus ou moins, selon que la famine sévit plus ou moins violente. Survienne une récolte un peu passable, le nombre diminue aussitôt. Sur ce chantier d'Ahmednagar, il est tombé, un moment, à 2.000 environ. Puis, quand les provisions s'épuisent, les arrivages recommencent. L'ouvrage, et le camp, qui en est le complément, étaient calculés pour 10.000 travailleurs. Et il n'en venait pas seulement du district; il en venait de partout, de plus de 200 kilomètres, des Etats indigènes, notamment de l'Etat de Haiderabad. C'est une rude affaire que d'organiser une pareille machine dans un tiers de l'Inde, de la mettre en mouvement, de l'y maintenir, de ne pas ruiner le Gouvernement et de secourir efficacement les populations.



Fig. 1. — *Le Visapur Tank ; la plaine ; le barrage.*

Je ne puis mieux faire que de reproduire ici mes notes de voyages.

« Une citerne (*tank*), c'est une déclivité quelconque; ici c'est une vallée qu'on ferme par un mur. La plaine est enclose de trois côtés par des collines assez marquées. Quand il y pleut, l'eau des pentes coule jusqu'au fond de la vallée; là, elle trouve des ruisseaux qui l'emportent : il convient de ne pas la laisser partir et de la retenir à un certain niveau, d'où, par des conduites de distribution, elle sera amenée à Ahmednagar, agglomération d'environ 35.000 habitants. Il s'agit ici d'eau pour les hommes, plus encore que pour la terre ou pour les animaux. Aussi a-t-on décidé de la filtrer au moyen d'un immense filtre de sable et de charbon établi à l'orifice de l'aqueduc. Le mur, la digue, le barrage, de quelque nom qu'on l'appelle, qui ferme la vallée, est en terre fortement battue et roulée (fig. 2), et a la forme suivante : très épais à la base, il va en diminuant d'épaisseur jusqu'au

sommet. Au sommet, à vue de pays, il a encore 20 mètres de largeur ; à la base, il en a peut-être 40 ; du sommet à la base, une pente douce ; sur la pente un revêtement de pierres, non pas cimentées, mais posées et tenant par leur poids. La longueur totale dépasse 1 kilomètre (fig. 1 et 2).

« La vallée dans laquelle les eaux seront retenues ne sera pas, comme on pourrait le croire, bien nivelée, bétonnée, dallée, comme nous ferions en France pour un réservoir. Pas du tout : on laissera le sol tel qu'il est, avec ses accidents et ses formes actuelles. On arrache bien çà et là quelques arbres ; je ne sais si on les arrachera tous. L'eau prendra son niveau en remplissant les creux. Dans cette vallée, qu'on laisse ainsi à elle-même, il n'y aurait pas de travaux à exécuter ni d'atelier à installer (en dehors de ceux qui édifient la digue) si, précisément pour élever cette digue, on n'avait besoin de terre. Cette terre, les travailleurs vont la chercher dans toute la vallée. Ils ne la prennent pas tous au même endroit, car, sans chercher à niveler le sol, on peut éviter d'y creuser, en deux ou trois points, des fosses immenses. D'autre part, 5.000 travailleurs ont besoin de beaucoup de place. Pour ces deux raisons, ces travailleurs sont disséminés par toute la plaine, jusqu'à quelque 700 ou 800 mètres de la digue et sur une longueur d'au moins 1 kilomètre.

« Ce ne sont qu'ateliers de tous côtés. La difficulté était de faire travailler tout le monde à la fois. On a alors attaqué l'ouvrage à la fois de tous les côtés. Et voici comment les travaux se mènent. Un atelier complet se compose : 1° de gens qui creusent la terre et forment de petits tas ; 2° de gens qui viennent avec des corbeilles prendre cette terre et la concentrer sur un tas beaucoup plus gros. Ce tas se trouve sur le bord d'un ruisseau artificiel. On a creusé des puits, de place en place, aux endroits les plus élevés qui font saillie au-dessus de la plaine, et on en élève l'eau au moyen de l'attelage de bœufs et seau de cuir habituel, *mote* Puis on la distribue où il convient par une canalisation. Au bout de chaque petit canal se trouvent (3°) des équipes d'ouvriers qui, avec cette eau, mélangent les diverses qualités de terre (terre noire et sable). Ce mélange est porté, sur la digue qu'on est en train d'élever, par des ouvriers (4°) au moyen d'une corbeille (de fer) qu'ils ont sur la tête et qu'ils vident au point qui leur a été désigné ; une équipe (5°) nivelle la terre ainsi apportée ; d'autres (6°) l'arrosent ; et enfin, septième opération, un énorme rouleau en pierre, traîné par six paires de bœufs, vient tasser et égaliser le sol. Ce que j'ap-



Fig. 2. — *Le chantier du Visapur Tank.*

pelle un atelier se compose des sept équipes différentes; il y en a au moins huit ou dix pour tout le travail. Et les dispositions sont prises pour que, si la famine, — ce qui est possible, — amène sur les chantiers plus de travailleurs, peut-être jusqu'à 10.000, ces 10.000 puissent être répartis en plus d'ateliers et travailler tous à la fois.

« Ce qu'il faudrait pouvoir montrer, c'est le grouillement, c'est la vie de cette foule : ces 5.000 travailleurs, femmes, hommes, enfants, en costumes misérables, mais infiniment variés de couleur, travaillant dans un désordre apparent mais réglé, chantant en cadence pour s'entraîner, gravissant la pente de la digue, la redescendant pour rejoindre leur équipe, allant, venant, repartant et revenant encore, tout cela sur un espace qui n'a pas moins d'un kilomètre de longueur et d'un demi-kilomètre de largeur.

« Cette masse de travailleurs se compose de gens venus de partout, chassés de leur village par la misère : vieillards, adultes, femmes, enfants, bébés. On ne peut pas les faire tous travailler, ni exiger de tous le même travail, ni leur donner à tous le même salaire. Ce salaire lui-même ne peut être que fort peu de chose, car il est prélevé sur ou des fonds d'Etat ou des fonds de souscription, limités et bientôt épuisés si l'on n'y prend garde. Le salaire est calculé de façon à entretenir ces gens, à leur permettre de se refaire et de continuer à travailler ; il est variable avec le prix des grains. Si le grain baisse de prix, le salaire diminue; s'il augmente, le salaire monte. Il faut qu'il soit tel qu'un adulte puisse acheter chaque jour 2 livres et 2 onces de grain.

« Ceci dit, les gens arrivent de toutes parts. En arrivant, ils doivent se présenter à un fonctionnaire, chargé de les examiner, de les inscrire, de les enrôler, de les répartir. Il n'est pas question d'en refuser aucun. Mais les uns sont immédiatement dirigés sur les chantiers et classés en adultes, femmes, enfants au-dessus de huit ans ; les autres : enfants au-dessous de huit ans, ou enfants de plus de huit ans, mais malades, ou souffrants, ou émaciés, sont envoyés dans ce qu'on appelle les cuisines, où des *nurses* (à raison de 1 nurse pour 100 enfants, mais c'est là un chiffre théorique, car j'ai vu 1 nurse pour trente-cinq enfants) les soignent, les nourrissent (beaucoup mieux que l'ordinaire des travailleurs : pain, légumes cuits, lait), leur lavent les yeux, etc. Les plus malades sont envoyés à l'hôpital, où il y a un médecin (plus ou moins capable).

« Chacun, où qu'il soit, fait partie d'un groupe, d'une équipe. Son nom est porté sur une liste. Trois fois le jour, on fait l'appel, afin de s'assurer que ces gens travaillent et ne volent pas leur salaire. Car, chose curieuse, vous penseriez que ces gens ne songent qu'à travailler pour vivre ! Point : il y en a bon nombre qui quittent le chantier le jour même de leur arrivée. On fait donc l'appel ; et, pour éviter les fraudes, on désigne chacun par son nom, et il répond par le nom de son père. Le surveillant appelle : « Khambata », et l'homme répond : « fils de Rhadani ». A chaque réponse, le comptable fait, en face du nom de l'homme, une barre : /; cela veut dire : l'homme a travaillé sa demi-journée. Au dernier appel, on fait une seconde barre qui croise la première : X : cela veut dire : l'homme a travaillé toute sa journée. S'il a été absent une demi-journée, on fait un rond ; s'il l'a été toute la journée, on inscrit un second rond dans le premier; si, absent le matin, il a travaillé le soir, on trace un diamètre coupant le cercle nord est-sud ouest; si, travaillant le matin, il s'est absenté le soir : un diamètre en sens inverse. A la fin de la semaine, on a, sur une même ligne, l'histoire de sa vie de travail et on le paie en conséquence. C'est le mardi. Un trésorier vient, escorté de 2 *sepoys*; il apporte un plein sac de roupies et de menues pièces d'argent et de cuivre; il procède à la paie de chacun, l'un après l'autre : il faut 1 trésorier par chaque 2.000 hommes.

« Rien ne peut donner l'idée de l'ordre et de la propreté (relative) de cette installation. Les cuisines sont bien tenues. On appelle cuisines l'endroit où se tiennent les enfants au-dessous de huit ans ou incapables de travailler. On les garde là, séparés de leurs parents, qui s'en étonnent ou même s'en indignent. Mais l'utilité de cette séparation est évidente. Les règles d'hygiène à observer, une nourriture meilleure à leur assurer veulent qu'on les ait sous la main, qu'on les tienne en observation, les uns s'ils vont plus mal, pour les envoyer à l'hôpital, les autres, au-dessus de huit ans, s'ils vont mieux, pour les diriger sur les chantiers.

« Parmi ces 5.000 travailleurs, j'en ai vu quelques-uns réduits à une maigreur extrême, effroyable : le squelette à nu, la peau flottante et plissée ; d'ailleurs, j'en ai vu peu, deux ou trois vieilles femmes, une dizaine d'enfants. Chose inquiétante et que je ne m'explique pas encore : de ces enfants qui n'ont plus que de la peau ridée sur les os, les mères elles-mêmes n'étaient pas, à beaucoup près, aussi émaciées, aussi profondément épuisées qu'eux.

« Avec cette agglomération de 5.000 personnes, il a fallu songer au logement : on a construit un camp de huttes de paille. Il a fallu aussi organiser des latrines (cela s'appelle en anglais du mot français) : à bonne distance du camp, des tranchées, qu'ensuite on recouvre de sable, qu'on utilise une semaine pour n'y revenir qu'au bout d'un mois

écoulé. Le tout est entouré sur les quatre faces par des barrières pleines, en herbe tressée, sortes de nattes grossières.

« L'hôpital, qui contient 82 personnes, moins de 1 °/₀, est également très propre. Il est aussi en nattes, en paillote. Maladies de la vue, diarrhée et dysenterie, fièvres et quelques cas d'émaciation.

« Fait à noter : pour mener tout ce monde, il n'y a (en dehors du *collector* du district, et de ses assistants qui viennent à des jours irréguliers afin de contrôler) qu'un seul Européen, qui dirige le travail : c'est un ingénieur. Tous les autres fonctionnaires sont des indigènes. »

La citerne que je viens de décrire appartient à la catégorie des Travaux de Famine.

Quand, au contraire, il s'agit d'une citerne destinée à combattre la sécheresse habituelle, elle est entreprise par le Service normal des travaux publics, bâtie ordinairement en murs résistants et dûment maçonnés, et pourvue de tous les organes qui peuvent la rendre résistante et pratique. Ces citernes varient en étendue plus encore qu'en qualité. Il en est dont la superficie ne dépasse pas quelques hectares ; il en est qui en couvrent 20 ou 25 kilomètres carrés. La citerne célèbre du district de Shahabad, dans le Bengale, a une superficie de 140 kilomètres carrés. Dans la province de Bombay, ces citernes sont ordinairement de modestes dimensions : celle de Hartala a 4 acres ; celle du Chikhli-canal, 45 acres ; celle de Hathmati, 100 acres ; celle de Medleri, 110, etc. Mais celle du Nira canal a 27.200 acres, celle de Mhasrad, 13.656 acres, celle du Krishna canal, 6.510, etc. Dans la province de Madras, il y a plus de 60.000 de ces sortes de citernes, la majorité pourvue de barrages en maçonnerie, qui irriguent plus de 1.200.000 hectares.

L'importance de la citerne commande, mais non pas nécessairement, l'importance du barrage qui ferme la vallée ou la gorge. Beaucoup de ces barrages sont en terre battue. Dans la province de Bombay, presque tous sont en terre ; 5 ou 6 seulement sont en maçonnerie : celui de Mutha, sur le lac Fife, près de Poona, est une œuvre imposante, en pierre taillée ; il a une hauteur de 98 pieds (30 mètres) ; celui de Chantapur, dans le district de Khandesh, une hauteur de 121 pieds (37 mètres). La longueur varie avec la largeur de la vallée ou de la gorge. A la citerne de Cummum, dans le district de Guntoor (Madras), le barrage, haut de 30 mètres, n'est long que de 30 mètres également ; à la citerne de Chembrambaukan (près de Madras), le barrage a 5 kilomètres de longueur, avec une hauteur seulement de 7 mètres.

Dans certains Etats indigènes, tels que le Jeypore, tels encore que le Gwalior, la forme même du terrain, en même temps que l'absence de rivières à cours permanent, a donné un grand développement à l'irrigation au moyen de citernes ou de digues. Dans l'Etat de Jeypore, on rencontre d'innombrables petites vallées, les unes sans eau courante, les autres dans lesquelles ne coulent que de minces cours d'eau non permanents. On arrête la rivière ou on ferme la vallée par un barrage, et l'on envoie l'eau là où il est besoin, par un système de canaux. Les citernes sont de pur intérêt local ; elles peuvent irriguer 11 acres, 20 acres, 37, 100, 136, 208 acres, etc. ; il en existe, au total, 176 (en 1901) ; 23 autres sont en construction. L'eau en est distribuée, par 807 milles de canaux principaux ou secondaires et 647 milles de *distributaries*, à 28.500 acres environ. Le budget du Service de l'irrigation, en 1901, a été de 256.187 roupies en dépenses (travaux d'entretien et travaux neufs) et de 269.123 en recettes. Depuis le début, — ce qu'il faut entendre ainsi : depuis l'époque à laquelle on a commencé à tenir les comptes, — l'irrigation a, au total, dépensé 5.777.444 roupies, et encaissé 4.937.698 roupies. Le bénéfice de l'entreprise, en 1901, a été (cela comprend l'intérêt du capital engagé) de 8,77 °/₀ [1].

Dans l'État de Gwalior, la forme du terrain demande un autre procédé d'irrigation. Ici, ce sont de vastes vallées sans profondeur, avec de larges ondulations. Ces ondulations peuvent s'étendre d'un bout de la vallée à l'autre ou, au contraire, ne se dessiner que sur une partie de sa largeur. Peu importe : rarement on cherche, pour arrêter l'eau, à barrer

[1] Dans ces Etats indigènes, le Service de l'irrigation est parfois confié à des Anglais, dûment autorisés, soit fonctionnaires de l'Inde britannique en retraite, soit officiers détachés. A Jeypore, ce service, et à vrai dire tous les travaux publics sont, depuis bien des années, sous la direction du colonel Jacob, aujourd'hui Sir S. Jacob, K. C. I. E. Avec lui comme guide, j'ai visité plusieurs des travaux d'adduction d'eau pour l'usage des hommes ou de l'irrigation et j'ai recueilli de sa bouche plus d'une anecdote intéressante. Les fonctionnaires dont les Etats indigènes pouvaient, dans les périodes précédentes, s'assurer le concours, n'étaient pas tous de premier ordre. Quand le colonel, alors lieutenant ou capitaine, Jacob entra au service du rajah de Jeypore, il trouva que son prédécesseur avait construit, en travers de la rivière, une digue énorme en pierre, qui, reposant sur un fond de sable, avait cédé peu à peu et, sous l'action d'une crue de la rivière, laissé une brèche. Après cela, le rajah n'avait plus confiance dans les ingénieurs. Cette confiance, il importait de la lui rendre. En même temps que la digue, on avait construit un aqueduc, qui n'avait pas encore fonctionné. On installa des pompes en pleine rivière, et on tenta de refouler, par la voie de l'aqueduc, l'eau jusqu'au palais du rajah. Le rajah, prévenu, s'installe chez lui près du réservoir où l'eau doit aboutir. Il attend : pas d'eau. Il envoie un message : « L'eau ne vient pas ». Peu après, second message : « L'eau ne vient toujours pas ». Troisième message : « Il arrive un filet d'eau ». Quatrième message : « L'eau vient en abondance ». Cinquième message : « L'eau va déborder ». Sixième message, un cavalier cette fois : « Arrêtez, l'eau va envahir tout ». Enfin l'eau s'arrêta à temps. Et le rajah reprit confiance dans les ingénieurs.

toute la vallée. On traite séparément chaque dépression formée par chaque ressaut des ondulations. Au lieu d'un long, large et puissant barrage, on construit une espèce de mur qui, sur une longueur d'un demi-mille, plus ou moins, retiendra l'eau des pluies dans le creux de ces ondulations. Le mur est placé non pas au bas de la pente ainsi formée, mais à l'endroit qui convient le mieux pour permettre, à un moment donné, l'écoulement de l'eau et sa distribution aux terrains inférieurs par des sortes de vannes, placées au centre du mur.

L'eau de pluie coule, sur le sol, dans le sens de l'ondulation; elle est arrêtée par le mur. Elle séjourne ainsi en amont de ce mur, elle imbibe fortement le terrain; puis, la vanne étant levée jusqu'à une certaine hauteur, elle passe, en partie, sur les terres situées en aval. Sur ces terres, on cultive du riz, auquel, à diverses reprises, par le jeu convenable de la vanne, on donne autant d'eau qu'il lui en faut. Quand le riz est récolté, on ouvre alors la vanne toute grande, et l'eau, s'écoulant intégralement, laisse en amont une terre profondément irriguée, sur laquelle on peut alors faire du blé. Et d'année en année, on recommence.

Tel est, à grands traits, le système des citernes et des réservoirs. Il a ses avantages, mais beaucoup d'inconvénients. Dans l'Inde, on l'accuse d'être hors d'état de fournir de l'eau précisément au moment où elle serait le plus utile. L'évaporation et la percolation absorbent une proportion énorme de l'eau emmagasinée. Le sol des citernes, surtout quand elles sont neuves, s'imbibe profondément avant de retenir ce qui lui est confié. Telle citerne, destinée à l'irrigation, n'a pas pu garder assez d'eau seulement pour abreuver le bétail et n'est qu'à l'usage des habitants. De plus, ces citernes coûtent cher.

Pour ces raisons, les meilleures autorités n'attendent, ainsi que je le disais plus haut, quelque chose de satisfaisant que des canaux et des puits.

§ 2. — **Puits.**

Voilà encore, pour celui qui ne connaît que l'agriculture de France, un terme qui peut être une cause d'erreur. Ce n'est pas chez nous l'habitude de compter sur les puits pour fournir aux récoltes l'eau dont elles ont besoin. Sauf en culture maraîchère, on ne voit guère pratiquer l'arrosage de main d'homme sur de grandes surfaces. Mais, hors des climats tempérés, c'est là un phénomène très fréquent.

En Egypte, en Perse, aux Indes, en Chine, dans l'Afrique du Nord, le *fellah*, le *ryot*, le cultivateur, de quelque nom qu'on l'appelle, creuse, en un point choisi avec soin sur son champ, un puits, plus ou moins profond et plus ou moins large, duquel il tire et, par des procédés très ingénieux, au moyen de petits canaux qui circulent à travers le champ, le jardin ou le verger, envoie aux diverses cultures autant d'eau qu'elles en ont besoin ou que le puits leur en peut fournir. La canalisation est la même partout; ce qui varie, ce n'est que le procédé par lequel on élève l'eau du fonds du puits au niveau du sol. Et, à vrai dire, à chaque profondeur de l'eau correspond un procédé d'élévation différent.

Pour élever l'eau de 1 mètre à 3 mètres, on emploie le *lat* ou *picottah*, procédé connu dans le monde entier, longue perche qui oscille autour d'un point fixe; à une extrémité est le seau; à l'autre, une lourde pierre, qui lui fait contre-poids. Au-delà de 3 mètres de profondeur, on emploie la *roue persane* (fig. 3), roue autour de laquelle s'enroule une suite de cruches fixées soit à la roue elle-même, soit à des cordes, soit à une bande de cuir ou d'étoffe; descendue au-dessous du niveau de l'eau, chaque cruche s'emplit, puis amenée, par le mouvement de la roue, au niveau du sol, elle verse l'eau dans une gouttière en bois, laquelle l'écoule vers les canaux de distribution. La roue persane, en usage dans tout l'Extrême-Orient, a été tardivement adoptée et perfectionnée par l'agriculture occidentale sous le nom de *noriah*. La roue persane sert à élever l'eau d'une profondeur qui va parfois jusqu'à 12, 15 et 20 mètres.

Au-dessus de 20 mètres, il faut recourir, mais même bien avant cette profondeur le paysan hindou recourt à l'emploi des bœufs, avec l'appareil appelé *mote* ou *mota*. C'est celui qu'on rencontre partout dans l'Inde. Rien n'est plus caractéristique de l'agriculture hindoue ni plus pittoresque. Du puits, qui domine le niveau du sol d'alentour, part un plan incliné assez large pour que deux bœufs y puissent facilement marcher de front. Au-dessus du puits, est une poulie sur laquelle s'enroulent deux cordes. Chacune d'elles est, par une de ses extrémités, attachée à un seau de cuir, appelé *mote*, et, par l'autre, fixée à l'attelage. Les bœufs étant tout en haut du plan incliné et contre le puits, le seau trempe dans l'eau et s'emplit; les bœufs se mettent alors en mouvement, descendent lentement la pente et, ce faisant, remontent le seau plein, lequel, soit grâce à une habile manœuvre des cordes par le conducteur, soit dirigé par un second homme demeuré près du puits, vient buter contre la gouttière et s'y déverser. A ce moment, les bœufs s'arrêtent; puis, après un temps fort court, remontent à reculons le long du plan incliné, jusqu'à toucher le puits, emplissent le *mote* et derechef se mettent à redescendre. Ce spectacle, qu'on a partout et en tout temps sous les yeux dans l'Inde, a quelque chose de biblique et d'atta-

chant. Le conducteur n'a rien en main pour diriger les bœufs; il se tient près d'eux, il leur chante sa traînante mélopée ; parfois, il les appelle par leur nom ; et c'est mus par le chant coutumier qu'ils avancent et reculent tour à tour, rompus, par une sorte d'habitude héritée, à la besogne quotidienne que des millions de bœufs ont faite avant et que d'autres millions feront après eux.

Il ne faut pas croire que les puits ne se rencontrent que dans des régions où tout autre mode d'irrigation est impossible. Les puits se rencontrent partout, même dans les vallées des grands fleuves et des grands canaux. Cela tient, d'abord, à ce qu'ils ont précédé tous les autres procédés d'irrigation. Dans la vallée du Gange, arrosée aujourd'hui par les deux gigantesques canaux dont j'ai déjà parlé, il y avait, en 1860, 350.000 puits, dont 70.000 puits maçonnés et 280.000 puits en terre molle, je veux dire dont la terre n'a aucun revêtement[1]. Même depuis que les canaux fonctionnent, les puits n'ont pas été abandonnés, et il en a été, au contraire, creusé d'autres, dans la même vallée, en des points où l'eau, distribuée par canaux, ne peut pas atteindre. On trouve aussi des puits dans les régions à canaux permanents, tout près des barrages destinés à envoyer l'eau dans les canaux ; ils y sont nécessaires pour cette raison que, à cette hauteur, les terres à irriguer sont situées au-dessus du niveau du canal. Enfin, on trouve abondance de puits dans

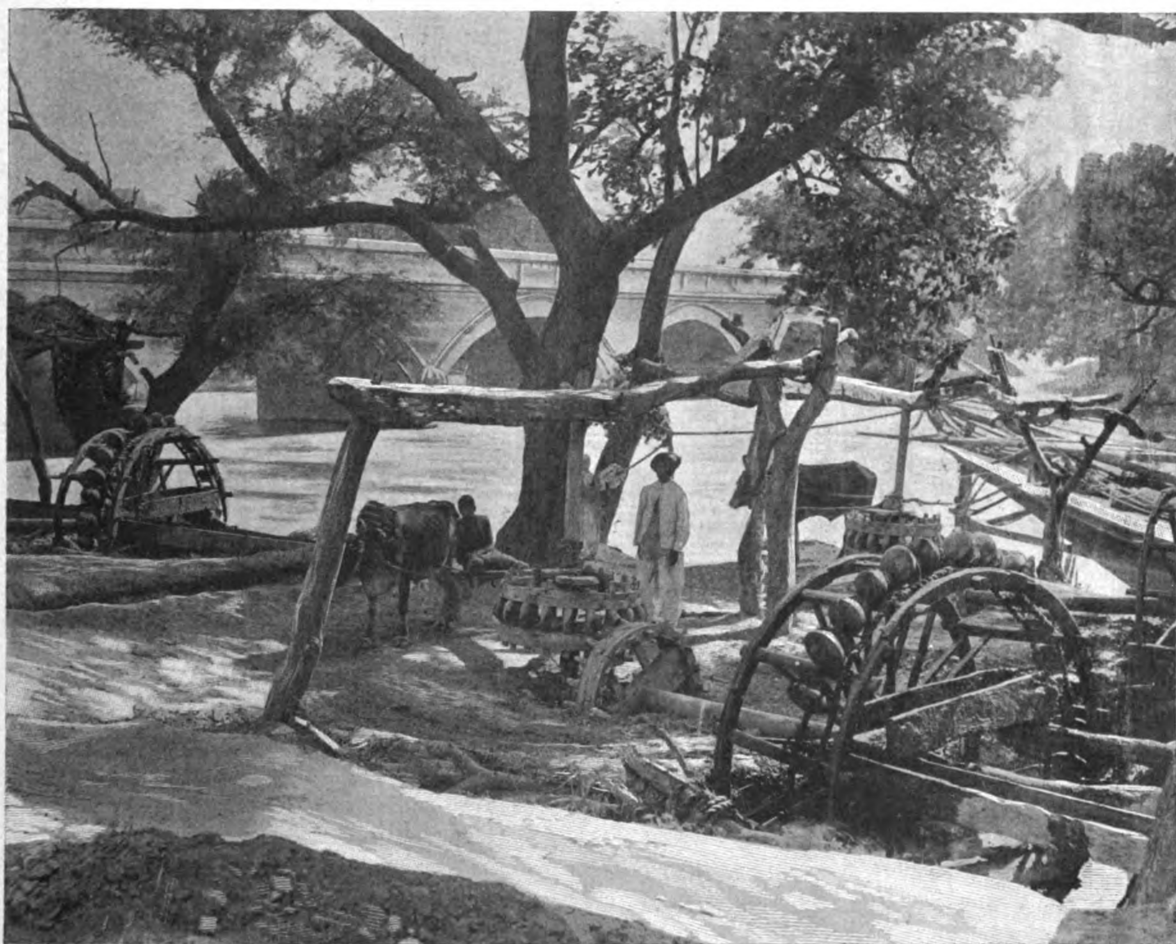


Fig. 3. — *Roue persane.*

[1] Toujours dans le même esprit, et désireux de donner à qui voudra étudier les documents originaux des indications qui peuvent éviter bien des recherches, je dirai que rarement, dans les documents anglo-indiens, on rencontrerait les termes anglais correspondant aux mots : « maçonnés » ou « en terre molle ». Ces documents emploient, dans ces deux cas, deux termes dérivés de l'hindoustani : pour « maçonnés », *pucka* (en hindoustani, *pakkā*, qui veut dire mûr, à point, cuit, et, par extension, solide, permanent) terme opposé à *cutcha* (en hindoustani *kachchā*, qui veut dire cru, non cuit, pas mûr, et, par extension, mou, sans résistance). Ces deux mots sont entrés dans la langue courante des Anglo-Indiens et ont pénétré dans le style figuré. Lawrence, écrivant après la rébellion que certains hommes se sont noblement conduits, les qualifie de « *pucca* trumps », cœurs bien trempés. *A cutcha fever* est une attaque bénigne de fièvre; *a pucka fever* est une fièvre redoutable, pernicieuse.

les régions qui n'ont à compter que sur la pluie, surtout là où le sol, perméable, s'est laissé facilement pénétrer par l'eau, laquelle va alors, dans le sous-sol, constituer une couche, plus ou moins permanente, que les puits utilisent.

Aussi, dans toute l'Inde, le métier de puisatier, *well-sinker*, est fort répandu et nourrit son homme. Et, dans chaque province, il y a de ces puisatiers qui parcourent les districts, offrant leurs services, et dont la spécialité est de choisir l'emplacement convenable et de diriger l'opération. Ces spécialistes, à ce qu'on m'a assuré, ne sortent jamais de leur province.

L'irrigation par puits n'est pas un facteur à négliger. C'est par millions d'hectares que se mesure la superficie dont l'irrigation repose presque exclusivement sur les puits. Les autorités et les paysans attachent également une grande importance aux puits. Récemment, devant la Commission d'irrigation de 1901, le secrétaire financier du Punjab, M. Humphreys, faisait la déclaration suivante : la famine, dans nos pays, s'annonce par le manque de mousson. Dès qu'il est bien établi que les pluies feront défaut, le devoir de l'Administration est de distribuer largement aux paysans des prêts (*takavi*) avec lesquels ils creuseront des puits. La famine passée, on maçonnera ceux de ces puits qui auront donné de bons résultats [1].

Par malheur, on n'est pas, même après toutes les discussions qui ont eu lieu devant la Commission d'enquête, très exactement fixé sur ce que coûte en moyenne un puits, ni sur la superficie moyenne qu'il peut arroser. Cela dépend et du sol qu'il dessert et de la profondeur à laquelle il faut aller chercher la nappe d'eau. Dans les années moyennes ou bonnes, dans celles où l'on ne craint ni la sécheresse ni la famine, le sol, moins assoiffé, a besoin de moins d'eau, la nappe souterraine se rencontre plus haut, en sorte que le puits coûte moins cher à creuser, et que la surface irrigable avec ce puits est plus considérable. Au contraire, par les années de sécheresse ou de famine, la nappe souterraine ne se rencontre que très bas, le sol absorbe plus d'eau et le forage du puits devient plus coûteux.

Devant la Commission de la famine (1900-1901), on a produit, sur ces divers points, des chiffres sensiblement éloignés les uns des autres. Le président, Sir Antony Macdonnell, paraissait croire qu'un puits moyen coûte 100 roupies. Il semble bien que, suivant la profondeur à laquelle il faut descendre, le puits doit coûter 200 roupies (à 40 ou 50 pieds), et 300 et 400 roupies, s'il faut descendre jusqu'à 100 pieds. Un document, que j'ai sous les yeux, donne même des chiffres bien plus élevés : il mentionne une dépense de 500 roupies pour un puits de 40 pieds de profondeur. Mais il doit y avoir puits et puits, comme il y a fagots et fagots. Un calcul de M. J. W. P. Mackenzie, en 1901 *chief secretary* de la Présidence de Bombay, et aujourd'hui secrétaire du Gouvernement de l'Inde, évalue la puissance d'irrigation d'un puits à 10 acres, alors que le document mentionné plus haut l'évalue à 50 acres, ou 20 hectares [1]. Au surplus, la divergence de vues n'a presque ici qu'une importance théorique. Le puits est surtout le procédé d'irrigation de la petite culture, et quel est le *ryot* (paysan, agent de la petite culture) qui ait à cultiver beaucoup plus de 10 acres?

Depuis la famine de 1900-1901, nombre de bons esprits se sont prononcés en faveur du développement de l'irrigation par puits. Déposant devant la Commission de la famine de 1901, le colonel Grey, superintendant de l'Etat de Bahawalpur, s'en déclarait partisan même dans les régions où l'agriculteur a à sa disposition l'irrigation par canaux permanents. Il en donnait cette raison que l'agriculteur abuse de l'eau des canaux, qu'il en demande plus que la terre n'en peut absorber, qu'ainsi le sol et le sous-sol en sont saturés et que là est l'origine de cette *malaria* dont on se plaint dans presque toutes les régions irriguées par canaux. Donnez très peu d'eau de canal au paysan; il recourra davantage à son puits et les inconvénients signalés disparaîtront. Sans compter, ajoutait le colonel Grey, que si l'on distribuait plus parcimonieusement l'eau des canaux, leur action bienfaisante pourrait se faire sentir plus loin.

L'emploi des puits est aujourd'hui tellement en faveur qu'on a songé à y appliquer, comme procédé élévatoire, au lieu de l'attelage de bœufs, des pompes centrifuges à pétrole. Mais même les plus faibles de ces pompes, trop coûteuses assurément, seraient aussi, à l'ordinaire, trop puissantes. Elles

[1] Quand survient la sécheresse ou la menace de famine, il arrive très souvent que le paysan songe, immédiatement et de lui-même, à approfondir son puits pour aller chercher la couche d'eau au niveau où la sécheresse l'a abaissée. De 30 ou 40 pieds, il descendra à 50 ou 60. Cela se fait avec de la poudre à mines. Le paysan s'entend à l'employer; on lui délivre la poudre gratuitement ou à bon compte et il fait lui-même l'opération, sous la surveillance d'un fonctionnaire local. Par malheur, en plus d'une province, l'eau, surtout dans les années de sécheresse, descend très bas. Au delà de 60 pieds, le forage devient trop compliqué et trop coûteux. Il y a cependant maint district où les puits ont 100 pieds de profondeur.

[1] Voici comment l'auteur de ce document fait son compte. L'Hindou laisse moitié de sa terre en jachère. Un domaine de 50 acres n'a donc, chaque année, à irriguer que 25 acres. Mais, en année moyenne, la culture n'en est pas réduite à compter exclusivement sur l'irrigation; elle doit attendre beaucoup de la pluie. Pour cette raison, un seul puits — qui apporte surtout un complément à l'eau de pluie — doit suffire à assurer une moisson sur 25 acres. Cela évidemment dépend des régions. Il en est de plus, il en est de moins sèches.

épuiseraient rapidement les puits moyens. L'appareil qui peut convenir pour élever l'eau d'une rivière (comme cela se fait, par exemple, dans le *taluka* de Sanand, à 10 milles d'Ahmedabad, sur la rivière de Sabarmati) ne peut convenir pour le puits du simple *ryot*. C'est une trop grosse dépense, disproportionnée avec l'exploitation. Au surplus, la pompe ferait double emploi avec l'attelage à bœufs; indispensables au *ryot*, comme producteurs d'engrais et instrument de transport, les bœufs resteraient, s'ils ne servaient à l'irrigation, une bonne partie du temps inoccupés.

§ 3. — **Canaux.**

Le canal, dérivé du fleuve ou de la rivière, est le procédé d'irrigation par excellence. On le rencontre par toute l'Inde : au Nord dans le Punjab, à l'Ouest dans le Sind, au Sud dans la Présidence de Madras et dans le Bengale. Et, dans les différentes provinces, il irrigue le lopin de terre du *ryot* comme le vaste domaine du propriétaire (*zemindar*). Mais, de même que le puits semble être le procédé d'irrigation de la petite culture, le canal est celui de la grande propriété. En sorte que, par un phénomène économique d'ailleurs facile à expliquer, là où l'irrigation se fait par canal, la grande propriété, sans être la règle, se rencontre plus qu'ailleurs.

Il y a deux sortes de canaux d'irrigation : les canaux d'inondation et les canaux permanents. Les canaux d'inondation sont le procédé primitif; les canaux permanents en sont le perfectionnement. Le canal d'inondation apporte de l'eau aux terres, à l'époque des hautes eaux, quand la rivière d'où il dépend monte et déborde. Au contraire, le canal permanent est, par divers artifices (barrage et régulateurs), en mesure de fournir de l'eau à toute époque.

Canaux d'inondation ou canaux permanents, tous deux, par la disposition même des lieux, envoient l'eau aux terres qu'ils desservent par l'un de ces deux procédés que les Anglais appellent *flood* et *lift*. D'abord par l'effet naturel de la pente du sol : le terrain à irriguer se trouvant au-dessous du niveau du canal, il n'y a qu'à percer une ouverture dans le rebord, et l'eau coule spontanément sans intervention de l'homme ; c'est ce qu'on appelle *flood*. Si, au contraire, le terrain se trouve au-dessus du niveau du canal, alors il faut élever l'eau par un procédé artificiel : roue persane, *mote*, pompe centrifuge ou autre; c'est ce qu'on appelle *lift*. Sur les terres où l'eau vient par *flood*, le métayer de grande propriété (*ryot*) a pour lui la moitié de la récolte, l'autre moitié allant au propriétaire (*zemindar*); sur les terres où l'eau vient par *lift*, le métayer, ayant beaucoup plus de travail, a droit aux deux tiers de la récolte et le propriétaire à un tiers seulement. Cela se voit, par exemple, dans le Sind et aussi dans le Punjab. Or, les canaux permanents, procédé plus récent et plus perfectionné, sont, par la science de l'ingénieur, tenus à une altitude moyenne qui permette infiniment plus d'irrigation naturelle (*flood*) que d'artificielle (*lift*). C'est une seconde supériorité de ces canaux, et qui les fait préférer définitivement aux canaux d'inondation.

1. *Canaux d'inondation.* — Vraisemblablement, les canaux d'inondation ne sont qu'une imitation par l'homme d'un jeu de la nature. On les trouve surtout dans le Sind, qu'arrose l'Indus. L'Indus, médiocre en tant que voie de communication, avec ses caprices et ses fureurs, est, au contraire, un bon agent naturel d'irrigation. D'allure tumultueuse, il ne se laisse pas, même aujourd'hui, enfermer dans un cours régulier; il ronge ses rives et les entraîne par larges morceaux, pour les déposer ailleurs; il quitte son lit pour s'en creuser un nouveau et bientôt rejoint le second au premier par quelque tranchée transversale, envahissant et inondant les terres sur son passage, et du même coup les fécondant. Ce sont ces tranchées transversales qui auront donné aux hommes l'idée des canaux d'inondation et, en fait, ces canaux d'inondation sont plus fréquents dans le bassin de l'Indus que partout ailleurs.

L'Indus a deux saisons bien tranchées : celle des hautes eaux, celle des basses eaux. Il commence à monter avec la fonte des neiges de l'Himalaya, en avril et en mai, il continue jusqu'au milieu d'août; à ce moment, il baisse et décroît dès lors assez vite, jusqu'en octobre, pour reprendre ensuite peu à peu et graduellement son niveau normal. Avec ses tributaires, les cinq rivières du Punjab, il arrose ainsi plus de 3 millions d'acres, sans parler de l'irrigation par canaux d'inondation, qui se pratique dans l'état de Bahawalpur, pendant plus de 300 milles, le long de la rive gauche de l'Indus, du Chenab et de la Sutlej. Mais, pour qu'il rende tous les services qu'on en peut attendre avec le système arriéré des canaux d'inondation, il faut que la Nature seconde les désirs des hommes et donne à la crue du fleuve une certaine allure, dont les conditions sont d'ailleurs exactement connues : eaux montant de façon régulière et atteignant une certaine hauteur, et cette hauteur se maintenant pendant une durée suffisante. Les ingénieurs sont au courant de ces phases diverses et des signes certains qui les annoncent : pour que la crue soit satisfaisante, l'Indus doit, vers le 18 juin, avoir à Sukkur, point situé en amont de presque toutes les têtes des canaux d'inondation du Sind, monté de 12 pieds,

et à Kotri, situé à 280 milles plus bas, de 15 pieds; ensuite, il doit monter encore de 2 pieds jusque vers le 15 juillet. Si ces premières conditions sont remplies, la crue sera bonne; si elles ne le sont pas, elle sera médiocre ou mauvaise, et les cultivateurs font leurs préparatifs de culture en conséquence.

Ces canaux d'inondation, nombreux et qui rendent de grands services dans le Sind, dans le Punjab et dans divers États indigènes, sont cependant aujourd'hui condamnés. Ils ne répondent plus aux besoins contemporains. Les canaux permanents, dont nous parlerons tout à l'heure, leur font une concurrence écrasante. Ils ne conviennent pas, d'ailleurs, à toutes les dispositions du terrain. Ils ne peuvent être employés que là où le pays est d'un niveau inférieur au fleuve. Cette condition en limite forcément l'emploi et condamnerait tout le haut pays de chaque bassin à manquer d'eau. De plus, dans la pratique, ils ont le défaut de n'avoir pas d'issue par où évacuer l'eau. Ils ne sont pas, comme les canaux permanents, ils ne peuvent pas être dessinés de manière à rendre, au bout de leur course, à la rivière le surplus de l'eau utilisée par l'irrigation ; ils vont se perdre, par une foule de petits canaux, au milieu du district qu'ils desservent, — cause d'insalubrité. Enfin, étant canaux d'inondation, ils s'envasent peu à peu, sous le limon et la bourbe que le fleuve, dans sa crue, entraîne avec lui ; ils ne peuvent servir qu'à la condition d'être curés chaque année; sinon, l'eau n'y peut bientôt plus circuler. Or, le curage est besogne lourde et coûteuse. L'État de Bahawalpur, dont l'agriculture repose essentiellement sur l'irrigation, a dépensé, en 1901, 457.000 roupies pour curer des canaux qui irriguent 836.000 acres; c'est plus d'une demi-roupie par an et par acre. En certains endroits, la vase est si épaisse qu'on renonce à l'enlever et qu'on abandonne la branche embourbée. Pour ces diverses causes, les canaux d'inondation sont et surtout seront quelque jour abandonnés. On ne creusera plus que des canaux permanents.

Toutefois, cela n'est encore exact que dans les provinces britanniques proprement dites. Dans les États indigènes, les canaux d'inondation sont encore presque les seuls à assurer l'irrigation. Cela tient à ce qu'ils sont infiniment plus faciles que les canaux permanents à concevoir, à exécuter et à faire fonctionner. Or, les États indigènes ne disposent pas, à l'ordinaire, d'un personnel technique à la hauteur d'une tâche un peu compliquée. Pour cette raison, ils gardent les canaux à inondation: ils les développent, ils en creusent de nouveaux. L'État de Bahawalpur en a encore, en 1900-1901, creusé ou amélioré pour une somme de près de 40.000 roupies.

L'État de Gurgaon, situé dans le Punjab, a, en 1875, sous l'influence d'un fonctionnaire anglais dont j'ai déjà cité le nom, aujourd'hui superintendant de l'État de Bahawalpur, le colonel, qui alors n'était encore que le capitaine, puis le major Grey, mené à bien une curieuse expérience de canaux coopératifs d'inondation. La pluie qui tombe dans la région n'est guère que de 15 pouces, quantité qui, si elle tombe en temps opportun, est suffisante pour les sols légers, mais tout à fait insuffisante pour les sols argileux. Il existait, dans une partie de cet État, dans le district de Ferospur, un territoire d'environ 200.000 acres qui avait un besoin absolu d'irrigation artificielle. Le capitaine Grey résolut de la leur procurer. Déjà parmi les grands propriétaires (*zemindars*), les plus intelligents avaient, sur leurs domaines, creusé quelque 1.200 puits, au prix d'une dépense de 225.000 roupies (sans parler des dépenses accessoires de bœufs, de harnais, etc.), qui ne parvenaient à irriguer que 25.000 acres. Le capitaine Grey les amena à se syndiquer pour percer, à frais communs, un ensemble de canaux, qui donneraient, à meilleur compte, des résultats beaucoup plus considérables. Les *zemindars* fournirent chacun leur contribution en proportion de leurs domaines; le district et la municipalité de Ferospur leur avancèrent certaines sommes ou leur accordèrent des subventions.

La dépense totale, en numéraire et en travail fourni, s'éleva à 350.000 roupies, sur lesquels les zemindars en fournirent de leur poche 205.000. On perça 14 canaux, d'un développement de 397 milles. Dès la campagne de 1875-76, on put irriguer 43.000 acres; en 1882-83, on en irriguait 93.213. Aujourd'hui, sous des formes diverses, le bénéfice de l'irrigation s'étend à 175.000 acres environ : 80.000 acres de bonne terre, qui de terre sèche sont devenus terre irriguée, et 95.000 acres de terre inculte et sans valeur, qui, améliorés par le limon de l'inondation, sont cultivables et vendables. D'après une note remise à la Commission d'irrigation[1], le bénéfice de l'opération ressort à près de 7 millions de roupies en capital, avec un profit annuel de 500.000 roupies pour les propriétaires et de 150.000 roupies pour l'État.

Appelé à déposer devant la Commission d'irrigation, qui siégeait alors à Lahore (1901), le colonel Grey a déclaré que nulle entreprise ne fut plus difficile à mettre en train et à mener à bien. Il y eut, à côté des *zemindars* de bonne volonté, tout un groupe hostile au progrès, qui s'opposait aux travaux, protestait contre l'initiative du capitaine Grey et pétitionnait contre lui auprès du lieutenant gouverneur

[1] *Note upon the statements of Firozepur Irrigation furnished to the Irrigation Commission by* Rai Bahadar Maya Das, *dated* the 16th october 1901.

du Punjab. Le lieutenant gouverneur, venu sur place, rendit un jugement, acceptable en équité, inadmissible en pratique : ceux qui ne voulaient pas de l'irrigation n'y coopéreraient pas, mais, du moins, ne troubleraient pas ceux qui la désiraient. Il en résultait que la coopération était rompue et que les partisans des canaux étaient seulement autorisés à continuer des travaux qui profiteraient même à ceux qui y étaient opposés. A ce moment (février 1876), le plan de campagne de la saison comportait 45 millions de pieds cubes de déblais et 6 millions de pieds cubes de digues et de barrages, avec une dépense prévue de 93.000 roupies. Sur la décision rendue par le Gouverneur, les concours en bras et en argent firent aussitôt défaut. Il fallut que le capitaine Grey engageât son propre crédit. Si, par hasard, il avait plu en juin et en juillet suivants, la cause de l'irrigation eût été perdue et le capitaine ruiné. Mais la sécheresse ramena les hésitants; ils payèrent leur part contributive; les dépenses engagées purent être couvertes et il resta encore un reliquat qui servit à fonder un *Fonds de réserve pour les canaux du district*.

Mais les tribulations du promoteur de l'entreprise n'étaient pas terminées. Le déplacement perpétuel des fonctionnaires, qui est une des plaies de l'Administration de l'Inde, retira le capitaine Grey de Ferospur et l'envoya occuper, durant quatre années, trois ou quatre postes différents, en même temps que, des *tehsildars* (fonctionnaires indigènes, placés à la tête d'une division territoriale appelée *tehsil*) qu'il avait formés, l'un était expédié sur Sialkot, un autre sur Lahore, le troisième à Bahawalpur, le quatrième à Moga, si bien qu'il ne demeura plus personne de compétent pour veiller sur les travaux. Pendant deux ans, cela n'eut pas d'inconvénient; l'eau coula bien toute seule. Mais la Sutlej est une rivière capricieuse; en 1880, elle se détourna de son lit habituel, et laissa sans eau les têtes de deux des canaux. Ce fut un désastre que personne ne sut réparer. Revenu à ce moment à Ferospur, le major Grey remit les choses en état, forma un second, qui, depuis, a toujours dirigé le département et créa un Service permanent d'irrigation. C'est le souvenir de ces difficultés rencontrées en 1875-76 et en 1880 qui lui faisait dire devant la Commission de 1901 : « Ma pénible expérience serait de nature à détourner tout fonctionnaire de district d'une pareille opération, s'il s'en trouvait encore aujourd'hui de semblable à entreprendre. »

Bien que Ferospur ne soit qu'un point dans l'Inde, j'ai cru devoir citer, avec quelque détail, cet exemple de coopération appliquée aux canaux d'inondation : elle est instructive, par les vues qu'elle ouvre sur la condition et l'état d'esprit des indigènes.

2. *Canaux permanents*. — J'ai dit les défauts du canal d'inondation. Le plus grave, c'est qu'il ne fournit pas de l'eau toute l'année. Il en donne quatre mois par an; il n'en donne pas, il n'en peut pas donner à une période particulièrement intéressante des travaux des champs, aux approches et au début du printemps, à un moment où la terre travaille, et où l'eau serait éminemment profitable. C'est pourquoi le canal d'inondation est condamné. Il est l'instrument du passé : l'instrument de l'avenir est le canal permanent. Le canal permanent prend l'eau au niveau normal du fleuve, en un point supérieur de son cours; il l'élève par un barrage, et il la conserve dans un canal central, où il lui assure par ses *regulators* le niveau voulu, pour pouvoir, à toute époque, l'envoyer, par des conduites de dimension variable, jusqu'aux extrémités de l'aire qu'il doit irriguer. Cela est plus compliqué que le canal d'inondation, cela est plus coûteux à établir, mais cela est beaucoup plus efficace et finalement rapporte bien davantage, parce que cela rend l'agriculture praticable en toute saison.

L'utilité et l'efficacité du canal permanent apparaissent surtout dans les pays de plaines, comme le Sind, le Punjab, les Provinces-Unies, et aussi dans les Deltas, pays plans par excellence, comme il s'en trouve dans les provinces de Madras et du Bengale. Pour desservir les pays de plaines, le canal permanent se branche sur le fleuve, dans la partie supérieure de son cours; pour desservir les deltas, il s'ouvre un peu au-dessus du delta même de la rivière qui l'alimente. Le canal permanent du delta a un double effet : empêcher l'inondation des terrains voisins (au moyen de digues qui, ordinairement, sont les bermes du canal) et permettre l'irrigation à la fois pendant la saison où les pluies font entièrement défaut et pendant la saison même des pluies, quand ces pluies ne sont pas assez abondantes. Le canal des régions hautes va porter et distribuer l'eau de ces régions aux plaines sèches situées au-dessous de lui.

Le premier canal permanent date du début du XVIIe siècle; il est situé dans la province de Madras, et part du barrage connu sous le nom de Grand *anicut* (mot tamoul, qui semble signifier exactement barrage) de Tanjore. Il existe, surtout dans la province de Madras, beaucoup de ces *anicuts*, les uns permanents, construits en matériaux solides et compacts, les autres temporaires, faits de galets, de gabions, de terre battue, de broussailles foulées, etc., et qu'il faut refaire chaque année. A Madras, on trouve surtout les canaux permanents deltaïques. Ce sont les plus anciens de toute l'Inde, à la fois par la date à laquelle les indigènes les ont entrepris et par celle à laquelle les Anglais ont commencé à les réparer. Le type de ces

canaux est celui de Cauvery, appelé encore *Coleron Works*.

Les réparations en ont commencé en 1836. C'est le travail le plus considérable de l'Inde, dans le genre canaux de delta. Avant les réparations, il pouvait irriguer 670.000 acres ; depuis les réparations, il en irrigue 1 million. Les dépenses se sont élevées à 1.800.000 roupies. De ce type : canal de delta, il en est, dans la province de Madras et du Bengale, sept ou huit autres : le Mahanudee, dans Orissa, le Godaveri, dans Madras, etc.

Parmi les canaux permanents, il faut citer aussi les canaux du Sone, dans le Behar. Ils ont été commencés en 1869 et achevés en 1874. Ils peuvent irriguer un million d'acres environ, mais, en fait, n'en ont, dans une même année, jamais irrigué plus de 400.000. Ils comportent un développement, canal principal et branchements, de 370 milles, avec 1.200 milles de conduites secondaires.

Enfin, il convient de mentionner encore, dans le sud de l'Inde, province de Madras, un projet de canal fort intéressant, le projet de Périyar[1], qui intéresse près de 60.000 acres, dans le district de Madura. De temps immémorial, ce district est arrosé par la Vaigai, entre Madura et Travancore. Des barrages en arrêtent le cours et en envoient l'eau dans des citernes; et si nombreux sont ces barrages qu'année moyenne pas une goutte d'eau de la rivière n'arrive jusqu'à la mer. Mais cette rivière est intermittente et peu abondante. Pour suppléer à son insuffisance, on va s'adresser à la rivière Periyar, ou du moins — car celle-ci se jette (fig. 4) dans la mer d'Oman, tandis que la Vaigai se jette, par le versant opposé, dans la baie du Bengale — à l'un de ses affluents les plus élevés. Le projet — les travaux sont en cours — est de barrer cet affluent par un barrage long de 400 mètres et haut de 50, et d'envoyer ses eaux dans un réservoir de 13 millions de pieds cubes, dont près de 7 millions seront utilisables. De ce réservoir l'eau sera déversée, par un aqueduc de 2 kilomètres de longueur, dans un tributaire de la Vaigai, suivra le lit de la Vaigai même sur une longueur de 86 milles, et, arrivée au point convenable, sera distribuée aux terres environnantes, par le moyen d'un barrage, élevé en travers de la Vaigai, et des canaux d'usage.

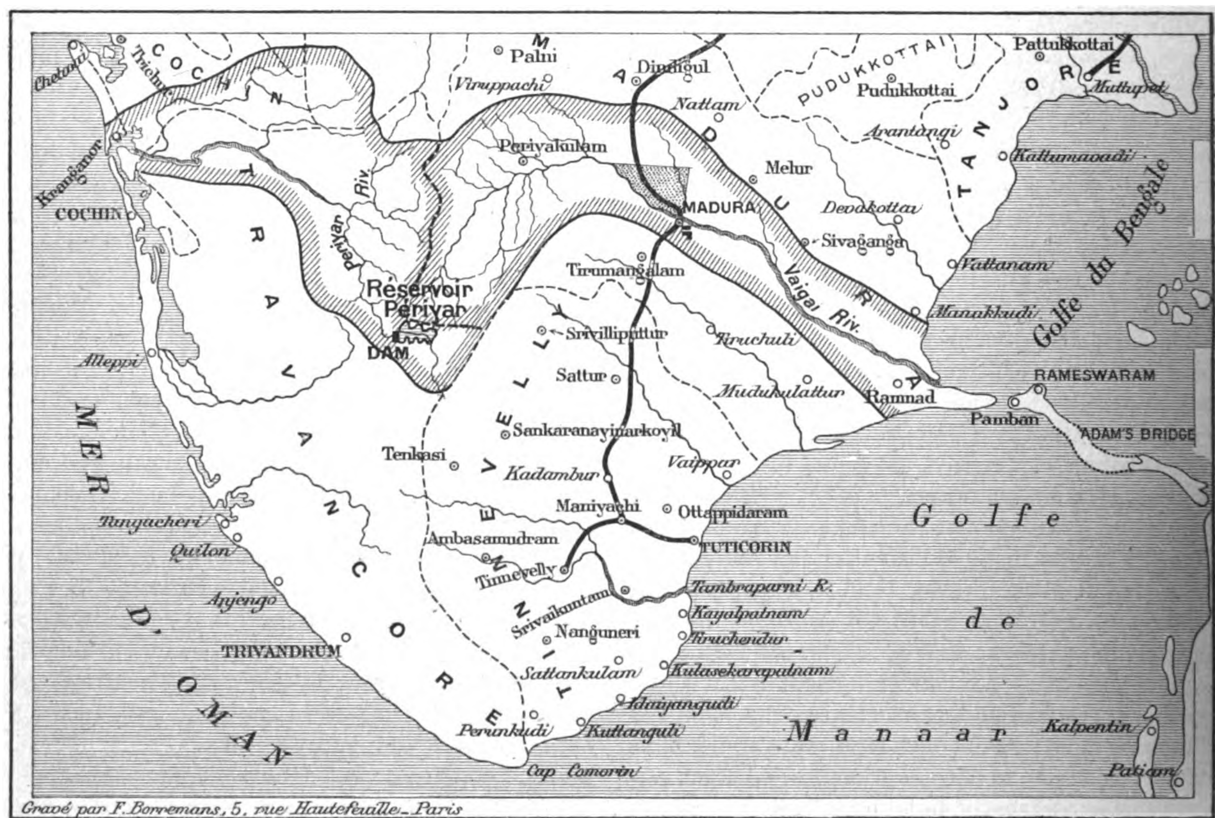


Fig. 4. — *Bassins qui alimentent chacune des deux rivières Périyar et Vaigai, avec la ligne de partage des eaux.*

C'est dans le nord de l'Inde que se rencontrent, sans parler d'un très ancien canal permanent sur les deux rives de la Jumma, les canaux permanents de beaucoup les plus considérables : dans les Pro-

[1] Voyez *History of the Peryar Project*, *compiled* by A. T. Mackenzie, Executive Engineer, Madras, P. W. D., Madras, Gov. Press., 1899, 1 vol. in-8°, 180 pages et de nombreuses figures et plans.

vinces du Nord-Ouest (aujourd'hui Provinces-Unies), le Sind et le Punjab. Dans les Provinces-Unies, le système des canaux permanents date de 1848. De 1848 à 1855, on a percé le *Ganges Canal*, qui a une longueur de 440 milles, avec 2.600 milles de conduites secondaires, et irrigue 1.600.000 acres ; de 1871 à 1878, on a percé le canal du Bas-Gange, *Lower Ganges Canal*, qui a un développement, canal principal et branchements, de 560 milles, avec 2.000 milles de conduites de distribution. Ces deux canaux, je l'ai déjà indiqué, se complètent : le second fournit de l'eau à certaines voies du premier qui étaient jusqu'alors insuffisamment alimentées. Le Punjab a plusieurs canaux permanents : un canal qui date de 1850, le Bari Doab Canal, entrepris après la guerre des Sikhs et l'annexion, afin de fournir du travail à la population ; il comporte 354 milles, canal et branchements, et plus de 1.000 milles de conduites secondaires ; il irrigue 825.000 acres. Les autres canaux sont postérieurs : les canaux du Sirhind, dérivés de la Sutlej, près de Roopur et près d'Umballa, commencés en 1869 et achevés en 1882, arrosent 800.000 acres, dont 522.000 en territoire britannique, et 278.000 en États indigènes ; le Chenab Canal, dérivé de la rivière Chenab, qui irriguera plus d'un million et demi d'acres, et le Jhelum Canal, récemment ouvert. Enfin, le Sind a des canaux permanents, tels que le Jamrao Canal, qui irriguera 260.000 acres.

Le coût de ces divers canaux varie singulièrement avec les régions. Mettant à part les conduites secondaires, le prix du canal proprement dit et de ses embranchements principaux (*Main and branch* canals) peut varier de 5.962 roupies le mille (Sidhnai Canal) à 98.316 (Swat river Canal). La moyenne est de 25.000 à 40.000 roupies le mille : le canal d'Agra, 38.163 roupies ; le canal du Bas-Gange, 31.246 ; le Bari Doab Canal, 26.091, etc.

Aux avantages évidents et directs de ces canaux permanents, il s'en joint d'autres, non moins appréciables. Ils répandent dans le sous-sol de l'eau, qui, par des chemins mystérieux, s'en va ou bien grossir la nappe souterraine, ou bien sourdre au loin à la surface du sol, et, dans les deux cas, rend possibles des puits plus nombreux et plus abondants. Là où le canal distribue de l'eau si généreusement que les puits sont superflus, le cultivateur indigène, délivré de la nécessité et du travail absorbant d'élever l'eau du puits, a plus de temps à lui pour mieux labourer et mieux cultiver. Enfin, à prix égal, le laboureur préfère l'eau du canal à l'eau de puits, parce qu'elle renferme ce limon fertilisant qui enrichit la terre d'année en année.



Fig. 5. — *Montagnes qui entourent le Champ de courses de Quettah.*

§ 4. — Karez.

Le *Karez* est un procédé d'irrigation fort usité dans le Belouchistan. Le Belouchistan est très aride, et le *Karez* est — on va le voir — le procédé d'irrigation d'un pays évidemment bien pauvre en eau, pays de montagnes dénudées sans végétation aucune et à pentes rapides (fig. 5). Sous l'influence alternante du froid et de la chaleur, la roche s'effrite; et soit l'eau des neiges, soit la pluie, en coulant sur ce sol raviné, entraîne avec elle des masses de galets, de calcaire et d'argile, qui vont recouvrir le sol des vallées situées au pied des montagnes. A mesure que l'on s'éloigne du pied même de la montagne, les galets sont plus rares; le sol est alors composé d'un sable très fin et très perméable. Là où ce sable n'est recouvert par rien, il est pénétré par la pluie ou la neige fondue, qui, jusque dans les profondeurs du sous-sol, va constituer des réserves d'eau. Là où le sable est recouvert de galets et d'argile, voici la curieuse disposition des terrains que l'on rencontre dans ces vallées. Tout au fond, une solide assise de rocs calcaires (fig. 6); au-dessus du roc, ces sables et ces graviers perméables, qui viennent, par places, affleurer à la surface, mais qui, sur la plus grande partie de leur étendue, sont emprisonnés dans une couche épaisse et imperméable de fins fragments de calcaire et d'argile. L'eau de pluie, arrêtée par cette couche d'argile et de calcaire, trouvant tout à coup une entrée là où le sable affleure à la surface, s'y précipite, imprègne et sature la couche de sable, laquelle devient alors un réservoir d'eau, que l'homme du métier devine et va chercher là où il est enfermé entre deux couches de matières également imperméables.

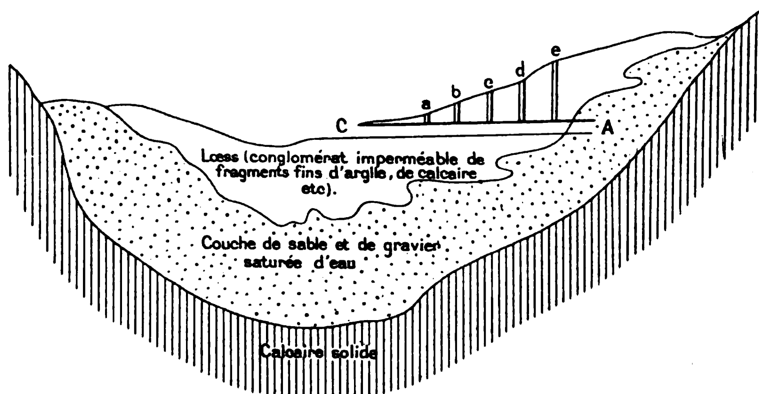


Fig. 6. — *Coupe sommaire des terrains superposés à Quettah* (*Belouchistan*). — AC, tunnel creusé à travers le sable saturé pour en amener l'eau au point C et, de là, la répandre dans les champs ou l'emmagasiner dans une citerne ; *a*, *b*, *c*, *d*, e, puits allant du sol au tunnel, à travers la couche d'argile, et servant à évacuer les décombres.

Les habitants du Belouchistan, les *Ghilzai* des environs même de Quettah, ont un flair spécial pour découvrir ces réservoirs et pour en utiliser l'eau au moyen de *Karez*. Le *Karez* est un tunnel fort étroit, haut de moins d'un mètre et large de 60 à 70 centimètres ; il part d'un point de la nappe d'eau souterraine, et aboutit par une pente douce, ordinairement de 3 pour mille, à la surface irrigable. Là, selon la disposition des lieux, ou bien l'eau est emmagasinée dans un réservoir, ou elle est distribuée par canaux aux terrains voisins.

Pour creuser ce tunnel, long quelquefois de centaines de mètres et même de plus de 1.000 mètres, les *Ghilzai* commencent par forer des puits perpendiculaires à la nappe d'eau. Ces puits, espacés de 15 à 30 mètres, sont ensuite reliés à la base par le tunnel. Pendant l'exécution du travail, ils servent à enlever les déblais et, l'exécution finie, à surveiller le fonctionnement, ce qui n'est pas superflu, car le tunnel n'est ni voûté, ni boisé, et parfois s'effondre sous le poids des objets extérieurs.

Tels sont les divers procédés employés aux Indes, suivant les régions différentes, pour procurer et distribuer l'eau à la terre altérée. Il nous reste à entrer maintenant dans quelques détails, non pas techniques (ce n'est pas de notre compétence), mais un peu plus précis, sur la construction et l'usage des canaux permanents, les seuls qui méritent d'attirer notre attention, et à indiquer les résultats, d'ordre économique et financier, que l'irrigation a procurés aux particuliers et au Gouvernement. Ce sera l'objet d'une seconde étude.

Joseph Chailley-Bert,
Professeur à l'École libre des Sciences politiques.
Secrétaire général de l'Union Coloniale française.

LA STRUCTURE DE LA MOLÉCULE DE L'ALBUMINE

Dans le développement de toute importante question scientifique, il arrive un moment où, après de longs et infructueux efforts, on voit apparaître tout à coup la possibilité d'un progrès plus rapide. Les données des faits s'accumulent, les résultats s'enchaînent aisément pour former des conclusions définitives qui emportent la conviction : et le savant, dans son attention croissante, voit les nuages sur le point de dévoiler à ses regards, dans une réconfortante clarté, le but de mille efforts.

Ceux qui ont impartialement observé les progrès de la chimie des albuminoïdes pendant les dix années qui viennent de passer, auront comme moi l'impression que nous sommes sur cette voie, à l'un de ces tournants; et que bientôt, demain peut-être, nous entendrons retentir, avec un profond soulagement, l'heureuse nouvelle : « L'énigme de la structure de l'albumine, qui, plus que toute autre, est en même temps un problème universel, cette énigme n'en est plus une. »

Jusqu'à une date toute récente, la Chimie physiologique avait, au nombre de ses principales préoccupations, celle de distinguer entre eux, par des propriétés analytiques, les albuminoïdes et les corps voisins, c'est-à-dire toutes les substances protéiques. On cherchait surtout à trouver les moyens de séparer ces corps et de les obtenir à l'état pur. Mais les progrès accomplis en Chimie dans ces derniers temps ont révélé des faits toujours plus nombreux qui permettent maintenant d'approcher du cœur même de la question de l'albumine.

Ce qui empêche et retarde le plus l'étude plus exacte des albuminoïdes, c'est la difficulté et même, pour une part, l'impossibilité de les obtenir sous la forme qui semble au chimiste l'indispensable condition de ses matières premières, c'est-à-dire la pureté certaine et l'individualité bien nette. Pour qui se place au point de vue adopté à l'époque de Liebig, d'après lequel les divers albuminoïdes sont tous comme identiques, cette condition peut bien ne pas paraître nécessaire, mais on aurait vite fait de rester seul attaché à cette opinion surannée.

D'autre part, les méthodes manquaient presque absolument pour parvenir, dans la destruction de l'albumine, à des dérivés cristallins nettement différenciés. Grâce à la coopération de nombreux expérimentateurs, ces deux difficultés sont présentement résolues pour une bonne part, avec la possibilité qu'on a de contrôler sur un corps cristallisé et indubitablement pur, tel que l'albumine de l'œuf, celle du sérum, ou encore l'*édestine*, les résultats obtenus sur des préparations albuminoïdiques moins nettes. Ces résultats acquièrent une certitude du même degré que pour les autres substances chimiques, parfaitement caractérisées. Ainsi le vif intérêt qu'ont toujours professé pour les questions biochimiques les grands chimistes qui s'appellent Lavoisier, Liebig, Wœhler, Pasteur, a su captiver récemment encore l'attention d'Emile Fischer, et l'a conduit aux plus heureuses découvertes.

Dès lors, ceux des chimistes qui étaient restés à l'écart de ces travaux ont fini par s'y intéresser aussi; et il en a été de même des physiologistes qui, aujourd'hui plus que jamais, sentent toute leur science tributaire des progrès de la Chimie.

I

Pour arriver jusqu'aux éléments ultimes les plus simples de la molécule albumineuse, il faut disséquer celle-ci aussi profondément que possible, et cependant avec ménagement. Ainsi l'on a tout de suite à mettre hors de cause l'emploi de toute une série de méthodes chimiques qui servent en d'autres cas à expliquer la constitution des corps, telles que : distillation sèche, oxydation, action des halogènes, action profonde des alcalis, et autres procédés analogues.

Mais, fort heureusement, certains agents qui servent dans le même but aux organismes, les ferments de l'albuminolyse, pepsine, pseudopepsine, trypsine, papayotine, etc., nous fournissent les moyens de dissocier les albuminoïdes, avec d'extrêmes ménagements (par simple hydrolyse), et d'obtenir les produits de décomposition, depuis les plus immédiats jusqu'aux plus éloignés. Et même, si l'action est intense ou prolongée, ils donnent en partie les produits ultimes de la destruction complète. Avec le mode d'action nettement circonscrit de ces ferments, et tant qu'on n'opère pas sur des mélanges, on court au moins le risque que la dissociation hydrolytique se complique de processus secondaires, par exemple une altération consécutive d'autre nature portant sur les produits de décomposition engendrés.

Nous rencontrons tout d'abord, parallèlement à l'action des ferments, l'action destructive des acides minéraux à l'ébullition; ils donnent en grande partie les mêmes produits définitifs. Mais la tendance à la condensation se manifeste déjà ici et amène la production des mélanines, comme on les appelle, substances de peu d'intérêt qui, certaine-

ment, dérobent à l'étude ultérieure de très intéressants produits de décomposition.

D'ailleurs, comme il faut toujours s'y attendre, ces deux méthodes ne permettent par de révéler tous les noyaux carbonés existant dans la molécule albumineuse. La liste de ceux-ci, établie aussi complètement que possible, devra être critiquée avec le secours des résultats obtenus par d'autres méthodes. Il faut remarquer que le même noyau carboné peut se manifester sous des formes absolument différentes selon le mode de décomposition qu'on applique. Ainsi, par exemple, le composé complexe de la tyrosine donne la tyrosine elle-même, par simple hydrolyse; il donne le bromanile, par l'action du brome, l'oxyphényléthylamine dans l'autolyse pancréatique, et enfin, en partie, de l'indol, par fusion potassique.

Dans le tableau ci-dessous, j'ai essayé de présenter l'ensemble des noyaux carbonés reconnus jusqu'à ce jour comme appartenant aux albuminoïdes typiques, à partir des produits obtenus par simple hydrolyse :

I. — NOYAUX DE LA SÉRIE GRASSE.

	Reste de la guanidine	$C(AzH)AzH$
Acides monaminés monobasiques	Glycocolle	$C^2H^5AzO^2$
	Alanine	$C^3H^7AzO^2$
	Acide aminobutyrique	$C^4H^9AzO^2$
	Acide aminovalérianique	$C^5H^{11}AzO^2$
	Leucine	$C^6H^{13}AzO^2$
Acides monaminés dibasiques	Acide aspartique	$C^4H^7AzO^4$
	Acide glutaminique	$C^5H^9AzO^4$
Acides diaminés	Ornithine	$C^5H^{12}Az^2O^2$
	Lysine	$C^6H^{14}Az^2O^2$
	(Histidine [1])	$C^6H^9Az^3O^2$
Acide thioaminé	Cystéine	$C^3H^7AzSO^2$
Hydrate à n carbones	Chitosamine	$C^6H^{13}AzO^5$
	Hydrate acide de carbone.	

II. — NOYAUX AROMATIQUES.

Phénylalanine	$C^6H^5.CH^2.CH(AzH^2).COOH$
Tyrosine	$OH.C^6H^4.CH^2.CH(AzH^2).COOH$

III. — NOYAUX HÉTÉROCYCLIQUES.

Série du pyrrol	Acide α-pyrrolidine-carbonique	$C^4H^8Az.COOH$
Série de l'indol	(indol	$C^8H^7Az)$ (2)
	(scatol	$C^9H^9Az)$
	(acide scatolcarbonique	$C^9H^8Az.COOH)$
	(acide scatolacétique	$C^9H^8Az.CH^2.COOH)$
	(—	$C^{10}H^{16}Az^2O^2)$ (3)
	Tryptophane	$C^{11}H^{12}Az^2O^2$
Série de la pyridine	Pyridine	C^5H^5Az.

Pour justifier convenablement cette classification, je voudrais faire les quelques remarques suivantes :

1° Dans la molécule albumineuse, on trouve représentées les formes les plus importantes de la structure des matières organiques, c'est-à-dire le carbone en chaine ouverte et en chaîne fermée, et la chaine hétérocyclique carbone-azote. Ainsi nous avons la possibilité, biologiquement très importante, d'admettre que l'albumine se présente à nous comme l'élément fondamental des composés aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques;

2° Les noyaux que nous avons cités renferment tous de l'azote. Cette assertion, qui, récemment encore, paraissait complètement établie, demande quelques détails complémentaires nécessités par les recherches les plus récentes. D'une part, on a démontré (Friedmann) que l'acide thiolactique est un produit de décomposition de l'albumine du sang, et c'est un groupement qui ne renferme pas d'azote, mais qui contient du soufre auquel viennent s'adjoindre peut-être encore d'autres groupes sulfurés (mercaptan, Nencki — sulfure d'éthyle, Drechsel). D'autre part, on a réussi (Langstein) tout récemment à isoler à partir des sérum-globulines deux hexoses : un vrai glucose, et un sucre lévogyre, ressemblant beaucoup, et peut-être même identique au lévulose;

3° Tous les acides aminés obtenus jusqu'ici en partant de l'albumine contiennent en position α le groupe AzH^2, ou au moins un pareil groupe.

Il semble ainsi que le groupement



correspondant au glycocolle doive posséder une importance biologique toute particulière;

4° Le nombre le plus élevé des atomes de carbone réunis en chaîne ouverte est 6 (dans la leucine et la lysine), tandis que les noyaux aromatiques en offrent jusqu'à 9 (tyrosine) et les hétérocycliques jusqu'à 11 (tryptophane). Les noyaux des acides gras élevés, avec 16 ou 18 C, qui jouent un si grand rôle dans les échanges nutritifs, manquent ainsi totalement à l'albumine;

5° Outre le fait isolé qu'on vient de constater, on remarque encore l'absence du radical hydrate de carbone sous sa forme habituelle privée d'azote. La glucosamine elle-même n'apparaît pas toujours comme élément constitutif : elle manque par exemple à la caséine, dont l'importance alimentaire est si grande, et à l'édestine cristallisée des semences de chanvre.

On ne peut pas pénétrer ici plus avant dans la signification physiologique de ces quelques faits. Cependant, il ne sera pas superflu de faire remarquer que la composition donnée correspond seulement à l'état présent de nos connaissances, et qu'elle représente uniquement en quelque sorte l'aspect d'une image à variation rapide. La perfection ultérieure des méthodes de préparation et l'extension des recherches à des albuminoïdes

[1] La constitution de l'histidine est encore inconnue.
[2] Les corps mis entre parenthèse ne sont pas obtenus par simple hydrolyse.
[3] Substance encore inconnue.

encore peu connus, permettent d'espérer une large augmentation dans le nombre des noyaux albuminoïdes qu'on saura reconnaître. Ainsi, tout récemment, le progrès réalisé en isolant par éthérification les acides aminés (Fischer) a fait connaître tout d'un coup une série entière de nouveaux éléments. Quand on fait la somme des produits de décomposition qui s'obtiennent dans des réactions aussi quantitatives que possible, on trouve toujours, par rapport à la matière première, un énorme déchet derrière lequel doivent se cacher quelques nouveaux faits bien propres à nous surprendre.

D'autre part, il ne serait pas exact d'admettre que tous les éléments cités plus haut se retrouvent dans chaque albuminoïde. L'examen des albuminoïdes isolés à l'état de pureté, tels que l'ovalbumine cristallisée, la sérumalbumine, les sérumglobulines de la caséine, nous montre qu'ils diffèrent qualitativement par leurs produits de décomposition. Comme on l'a déjà dit, le groupe hydrate de carbone manque à la caséine et à l'édestine, tandis qu'il entre pour plus de 10 °/₀ dans l'ovalbumine ; la caséine contient un reste phosphoré ; mais le groupement de la cystéine y est représenté en proportion si minime qu'on pourrait douter même qu'il ait quelque rapport avec la substance pure. Beaucoup d'albuminoïdes renferment un hydrate acide de carbone contenant de l'azote, et d'autres, de l'acide thiolactique, etc. Il est à croire que les recherches poussées plus loin révéleraient une variété d'autant plus grande à cet égard.

La même conclusion nous est encore fournie par la comparaison quantitative des produits obtenus dans la décomposition. On peut donc bien espérer recueillir de nouvelles données sur les différences mutuelles des divers albuminoïdes, avec le perfectionnement des méthodes appropriées, telles que les ont indiquées Kossel pour déterminer les produits basiques définitifs, et E. Fischer pour les acides monaminés, surtout quand on appliquera ces méthodes à des matières premières irréprochables. Certaines méthodes de recherches servent à nous orienter dans cette direction : ce sont, par exemple, celles qui, négligeant les groupements existants, cherchent à déterminer directement le mode de liaison de l'azote (Nasse, E. Schulze, Hausmann) et du soufre (Fleitmann, Schulz, Mœrner, Osborne). Ces recherches quantitatives ont déjà révélé une inégalité bien remarquable dans la part qui revient, dans la structure de l'albumine, à chacun des groupements précités. Ce sont toujours les acides monaminés monobasiques, et surtout la leucine, qui y sont représentés. Les acides monaminés dibasiques paraissent venir ensuite. Le groupe des acides diaminés a des représentants moins nombreux, mais mieux caractérisés ; parmi eux, l'ornithine, combinée avec le reste de la guanidine, sous forme d'arginine, semble presque ne faire jamais défaut. La tyrosine, la phénylalanine et la cystéine entrent en proportion moindre encore. Nous ne sommes pas présentement bien fixés sur la proportion des groupements hétérocycliques, qui ont une très haute importance biologique, en tant qu'éléments chromatophores de la molécule albumineuse, et comme éléments constitutifs probables de l'hématine et de la chlorophylle. E. Fischer a obtenu aussi avec la caséine 3,2 °/₀ d'acide pyrrolidine-carbonique, et Hopkins, 1,5 °/₀ de tryptophane.

Autant qu'on peut le savoir d'après une estimation approximative, la molécule albumineuse est constituée toujours pour les 2/3 ou les 3/4 par les différentes formes des acides aminés. Ainsi, toute théorie relative à leur constitution doit tenir compte tout d'abord de cette condition.

II

Ce rapide coup d'œil, malgré tout ce qu'il a d'incomplet, nous enseigne à reconnaître un nouveau fait, c'est que les divers noyaux existent dans l'albumine non pas en proportions équivalentes, mais dans des rapports très inégaux. Ainsi on devrait, pour d'autres raisons, obtenir la tyrosine en quantité un peu plus grande, et la cystéine ou la cystine en proportion un peu moindre que la leucine, tandis que cette dernière prédomine généralement de beaucoup.

Un assez grand nombre d'albuminoïdes donnent l'impression que, pour 10 à 20 noyaux de leucine, il y en a un de tyrosine, de cystéine ou de tryptophane. Dès que la détermination quantitative des divers noyaux aura acquis une précision suffisante, il peut arriver qu'on donne sommairement la constitution d'un albuminoïde déterminé, en exprimant le nombre des noyaux de leucine, de tyrosine, de cystéine, d'acide glutaminique, etc., qui y sont contenus. Si nous sommes encore loin d'un pareil moment, il n'y a pourtant pas à douter que Hlasiwetz et Habermann ne soient dans le vrai, au moins en partie, quand ils disent que la différence entre les divers albuminoïdes réside dans le rapport numériquement différent de leurs groupes constituants.

Nous arrivons encore à la même conclusion en partant du poids moléculaire des albuminoïdes qu'on ne connaît qu'approximativement. Les meilleures données relatives à cette détermination nous sont fournies par un albuminoïde qui n'appartient pas, d'ailleurs, au groupe typique de ces corps, mais à ce qu'on appelle les protéides : c'est l'hémoglobine.

On peut en calculer le poids moléculaire de façons bien différentes : par la teneur en fer et en soufre, par la quantité d'oxygène ou d'oxyde de carbone qu'elle fixe, par le poids de l'hématine qu'elle abandonne ; et l'on obtient toujours, avec une vraisemblance qui touche à la certitude, le nombre énorme de 16 à 17.000. Les mêmes calculs, appliqués successivement à d'autres albuminoïdes, ont donné des valeurs très différentes, dont la plus faible est un peu inférieure à 5.000. Une estimation assez exacte et aussi la détermination cryoscopique directe (Sabanejeff et Alexandroff) donnent à peu près le triple. Si donc, pour avoir un chiffre rond, on admet comme poids moléculaire 15.000, voici à peu près ce qu'on obtient, quand on essaie d'en tirer le rapport numérique des noyaux existants : le poids moléculaire le plus faible parmi tout les noyaux albuminoïdiques cités est celui de la guanidine, égal à 41 ; le plus élevé est celui du tryptophane, égal à 204. Les produits de décomposition les plus abondants : leucine (131), acide glutaminique (147), ornithine (132), donnent une valeur moyenne d'environ 135. Si l'on part de ce nombre, et si l'on tient compte que, dans l'hydrolyse, à chaque molécule d'acide aminé qui se sépare, il y a entrée d'une molécule d'eau, un calcul très simple montre que, pour une molécule entière pesant 15.000, il y a environ 125 noyaux de la grosseur moyenne susdite.

Quelque inexacte que puisse être cette estimation, elle nous donne cependant une représentation approximative de la complication de la molécule albumineuse.

Et, d'autre part, d'accord avec tout ce qu'on vient de dire, elle nous montre qu'une quantité plus ou moins grande de ces noyaux albuminoïdiques doit intervenir à plusieurs degrés et de plusieurs manières dans cette molécule géante. Car, malgré toute l'imperfection des méthodes employées pour trouver et caractériser les groupements, il ne faut pas croire que le nombre des noyaux qualitativement différents contenus dans chaque albuminoïde en particulier puisse dépasser le double de ceux qu'on connaît, c'est-à-dire 30 ou 40.

On peut ainsi comparer la molécule d'albumine à peu près à une mosaïque d'environ 125 pierres de couleurs et de formes différentes : les unes, uniques de leur espèce, les autres y entrant plusieurs fois, jusqu'à vingt fois peut-être. Même si l'on adopte cette idée relativement simple, la disposition variée des pierres offre une variété de combinaisons presque inépuisable. Mais si, pour nous en tenir à la comparaison choisie, nous pensons ensuite que les pierres ne sont pas disposées dans un plan, mais dans l'espace, et que le nombre total des pierres, de même que celui des pierres de même couleur, peut varier encore, et qu'enfin ces pierres, de formes différentes, peuvent s'accoler les unes aux autres suivant diverses positions, nous aurons une idée approchée du nombre énorme des divers albuminoïdes susceptibles de s'édifier dans l'organisme animal et végétal avec le nombre limité des éléments connus de nous.

Si quelqu'un exprimait un jour l'idée qu'au protoplasma de l'ovule de chaque espèce animale ou végétale correspond un type déterminé d'albuminoïde, il n'y aurait rien à objecter, d'après tout ce qu'on vient de voir.

Dans ces conjonctures compliquées, il est facile au savant de se laisser envahir par un sentiment de désespoir. Mais il reprendra courage d'autant mieux que les choses doivent être, en réalité, beaucoup plus simples. Autant la Nature est prodigue dans l'invention des dispositions destinées à assurer la persistance de la vie organique, autant elle est économe et conservatrice quand il s'agit d'utiliser les moyens mis une fois à sa disposition. Elle ne doit pas plus avoir réalisé, même de loin, tous les albuminoïdes théoriquement possibles, qu'elle ne forme, dans un cas beaucoup plus simple, toutes les espèces de sucres que prévoit la théorie. Les conditions de structure des albuminoïdes sont donc beaucoup moins compliquées que l'examen *a priori* le fait prévoir, comme le prouvent plusieurs faits d'expérience. Ainsi, dans la décomposition d'albuminoïdes très différents, on a obtenu certains produits définitifs toujours en combinaison binaire constante. Par exemple, le radical de la guanidine s'obtient toujours si régulièrement associé à celui de l'ornithine qu'on peut se demander si jamais, dans l'albumine, l'un des deux noyaux peut exister en une autre combinaison.

Si d'autres groupements complexes plus volumineux, comme par exemple les albumoses et les peptones, étaient communs à plusieurs albuminoïdes, ce fait amènerait une nouvelle simplification. Or, il semble que là soit la réalité. C'est ce que paraît indiquer, d'une façon très remarquable, l'observation suivante, due à Zuntz : des albuminoïdes très différents, l'ovalbumine et la sérumalbumine cristallisées, les globulines du sang, la fibrine, donnent par peptolyse, d'abord, un ensemble de trois albumoses primaires (hétéroalbumose, protalbumose et synalbumose). Ces premiers produits de décomposition peuvent encore différer entre eux dans les divers albuminoïdes, et, dans d'autres cas, ne pas se présenter au complet. Ainsi, par exemple, dans la caséïne, où l'hétéroalbumose est remplacée par une deuxième protalbumose. Mais cette constance inattendue est bien la preuve d'une homologie dans la structure des albumi-

noïdes. Le dessein d'expliquer définitivement leur constitution nous semblera moins irréalisable.

III

Avant de procéder à cet énorme travail, avec quelque perspective de succès, il faut en premier lieu liquider toute une série de questions préalables qui, jusqu'à présent, ont été à peine abordées. Tout d'abord, il faut savoir comment les corps obtenus au terme de la décomposition forment, par leur réunion mutuelle, des groupements binaires ou ternaires. Ensuite, il faut savoir comment, avec ces éléments constitutifs encore relativement simples, peuvent s'édifier d'abord les peptones (et les produits analogues aux peptones, mais ne donnant pas la réaction du biuret), puis les diverses albumoses secondaires, ensuite les albumoses primaires, et enfin toute la série des albuminoïdes.

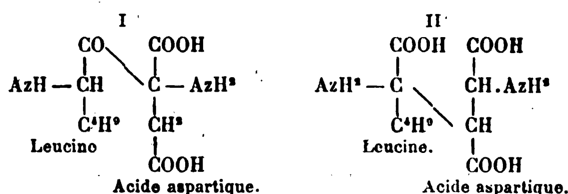
Ainsi qu'on peut le voir, les expérimentateurs ont encore à parcourir une route longue et pénible. De toutes ces étapes en perspective, on n'a pas seulement franchi la première ; si j'essaie de mettre sous vos yeux ce qu'on peut dire et pressentir sur cette question préliminaire, c'est parce que la plupart des faits sûrement établis se présentent sur ce terrain ; pour pénétrer dans les questions ultérieures, il faudrait, plus encore qu'ici, se lancer dans le domaine de la spéculation.

Les acides aminés forment, comme on l'a dit, l'axe même de la molécule albumineuse; c'est donc la question de leur réunion mutuelle qui s'impose en première ligne à notre examen. Or, le nombre des hypothèses est limité, si nous supposons d'abord seulement le couplage de deux acides aminés.

Pour distinguer, parmi ces diverses hypothèses, laquelle se réalise dans l'albumine, c'est-à-dire dans les albumoses et les peptones, on a les critériums suivants :

Le mode d'association examiné permet-il la décomposition en acides aminés par simple hydrolyse? Le produit formé dans cette association est-il plus acide ou plus alcalin que les acides aminés qui le composent? Car la molécule d'albumine figure bien, dans toute son allure en présence des acides et des bases, le Janus bifrons des acides aminés. Si l'on admet que deux de ces acides puissent entrer en combinaison, par exemple la leucine avec l'acide aspartique, ou avec la tyrosine, on aura les cas très simples suivants :

1° Les deux noyaux forment une chaîne continue d'atomes de carbone avec la liaison simple C-C. Cette disposition peut se réaliser au total sous deux formes différentes, selon que, dans leur rencontre, la séparation de la molécule d'eau se fait suivant le schéma I ou suivant le schéma II, par exemple[1] :

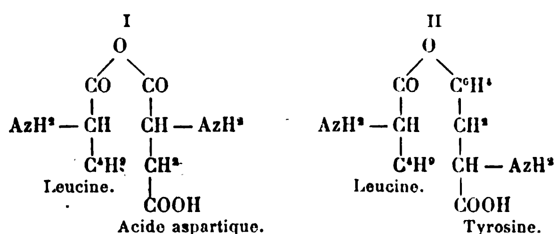


Ce cas dernier ne permettant pas de revenir aux acides aminés par simple hydrolyse, il n'y a pas à s'en occuper davantage.

Au contraire, le couplage suivant I reste toujours parfaitement possible : il satisfait aux conditions précédentes; et il est bien remarquable que M. Schiff a adopté, en fait, une constitution analogue pour les acides polyaspartiques (produits de condensation de l'acide aspartique), qui ressemblent à plusieurs égards aux corps protéiques. Il est donc permis de croire que, dans la structure de la molécule albumineuse avec les acides aminés, c'est toujours en gros le même mode d'association qui a lieu. En généralisant cette hypothèse, on serait conduit à regarder la molécule albumineuse comme une chaîne carbonée très ramifiée, dans laquelle revient fréquemment le groupe CH (AzH^2).CO. Le groupe cétonique qui y est contenu pourrait bien expliquer la propriété qu'ont les matières protéiques de se dissocier en groupements plus petits et mieux déterminés, de même aussi que leur grande variabilité.

On trouvera peut-être une objection à cette manière de voir dans ce fait qu'on ne connaît pas de cas où des ferments hydrolysants provenant du corps de l'animal agissent pour décomposer les cétones ou les acides cétoniques, comme cela devrait être ici, en reformant des acides aminés. De plus, les acides polyaspartiques de Schiff, dont la constitution n'est pas encore établie positivement, ne sont pas non plus décomposés par la trypsine. Cependant, on peut admettre dans le domaine des choses possibles ce mode d'association des acides aminés : j'appellerai ce groupement *chaîne directe du carbone*;

2° Les deux acides aminés sont réunis l'un à l'autre par un atome de carbone : dans le cas présent, c'est avec formation d'une espèce d'anhydride (I), ou de la manière d'un éther-oxyde ou mixte (II) :

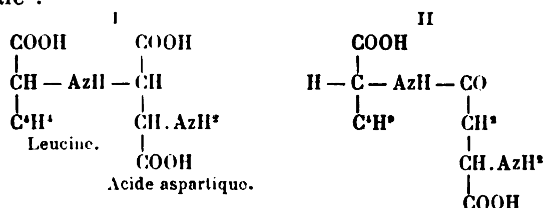


[1] L'asparagine correspondrait encore mieux aux condi-

La première de ces alternatives n'est guère vraisemblable. D'abord les anhydrides d'acides de cette espèce sont des corps que les acides aminés ne paraissent guère avoir tendance à former; et ces corps seraient probablement d'une extrême instabilité et tout prêts à subir des déplacements internes. En outre, la perte des ions d'hydrogène leur donnerait un caractère fortement basique.

Il ne pourrait être question de la deuxième alternative, c'est-à-dire de la formation d'un éther-oxyde ou mixte, que dans les cas très rares, du reste, où les acides aminés possèdent en même temps le caractère d'alcool ou de phénol, tels que la sérine et la tyrosine. Etant donnée la rareté de semblables groupements dans l'albumine, cette hypothèse serait sans valeur pour expliquer le nombre énorme des liaisons à interpréter. Mais, même pour le cas très probable de la tyrosine fixée sur d'autres acides aminés, on ne peut guère regarder cette hypothèse comme réalisée; car elle est en contradiction avec la facilité avec laquelle les albuminoïdes donnent la réaction de Millon, due au groupement phénolique mis en liberté;

3° Reste maintenant, comme autre hypothèse plausible, la réunion des acides aminés par l'intermédiaire des atomes d'azote. Ici encore on a le choix entre deux alternatives de valeur très inégale :



A. Deux carbones non réunis à l'oxygène sont reliés l'un à l'autre par un groupe amidé, par exemple, comme en I. Mais cet arrangement peut être aussitôt laissé de côté, car il ne satisfait pas à la condition établie ci-dessus de donner, par hydrolyse, des acides aminés, et, en outre, il conduirait à des groupements trop acides;

B. Le deuxième cas, au contraire, caractérisé par la liaison = CH.AzH.CO —, que j'appellerai *chaîne indirecte*, non seulement satisfait aux conditions précédemment établies, mais fonde, comme nous allons le voir, sa vraisemblance sur tant de raisons que l'examen plus serré doit le faire préférer à l'hypothèse de la liaison *directe* du carbone, examinée plus haut.

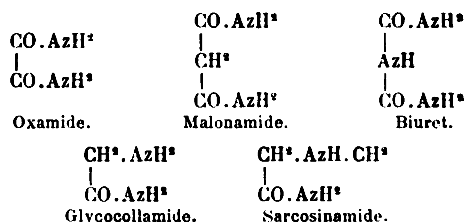
IV

Examinons la série des arguments sur laquelle s'appuie l'hypothèse de la *chaîne indirecte* :

tions réelles, car une partie de l'azote de l'albumine semble engagée sous forme d'acide amidé.

1° Sur la totalité de l'azote de l'albumine, une petite partie seulement est engagée dans une combinaison qui dégage de l'azote par l'action destructive de l'acide azotique (O. Löw, Schiff). La glutinepeptone, de structure très voisine, traitée par l'acide azotique, se change en substances qui ont l'allure des nitrosamines (C. Paal). Il faut donc admettre que la majeure partie des acides aminés est préformée dans l'albumine en groupements AzH, ce qui ne se conçoit pas si l'on adopte une chaîne de carbone, — CH(AzH^2) CO — ;

2° La réaction du biuret, admise comme particulièrement caractéristique pour les corps protéiques, se produit, d'après Schiff, dans les substances qui, dans des conditions déterminées, contiennent les groupements : CO.AzH^2 —, CSAzH^2 —, C(AzH) AzH^2 —, CH^2AzH^2 — réunis à un second par un atome de carbone ou d'azote, comme par exemple dans l'oxamide, la malonamide, le biuret, la glycocollamide, la sarcosinamide :



Directe ou indirecte, la chaîne de carbone répond aussi bien aux conditions nécessaires pour la production de la réaction du biuret. Le premier mode est cependant préférable, car, d'après Schiff, la présence du groupe AzH^2 favorise cette réaction, tandis que la substitution des hydrogènes dans ceux-ci la retarde ou la supprime. En admettant la chaîne directe du carbone, on devrait attendre de la molécule albumineuse intacte au moins la même intensité dans la réaction du biuret que pour le mélange de ses produits très voisins obtenus par décomposition.

En effet, avec le mode de liaison C(AzH^2) — CO, les groupes AzH^2 ne sont pas atteints par la décomposition. L'expérience montre, cependant, que la réaction du biuret est beaucoup plus vive avec les produits les plus immédiats de la décomposition de l'albumine, — albumoses et peptones, — qu'avec la molécule intacte. Celle-ci doit donc contenir un nombre moindre de groupes donnant la réaction du biuret, et se multipliant par l'hydrolyse. Cela se comprend très simplement, si l'on admet une liaison indirecte ; car alors, dans l'hydrolyse, les groupes AzH^2 substitués cessent d'être substitués : ainsi — AzH.CH.CO.AzH — devient — AzH.CH.CO.AzH^2 ou AzH^2.CH.CO.AzH — ;

3° On arrive aux mêmes conclusions si l'on tient compte des faits connus relativement à la conden-

sation des acides aminés. Schaal a obtenu en 1871, par chauffage du chlorure de l'acide aspartique dans un courant d'acide carbonique, des produits de condensation qui donnent la réaction du biuret, ainsi que l'a constaté Grimaux. La fusion des acides aminés avec l'urée a donné plus tard à ce dernier des colloïdes artificiels, qui ressemblent complètement aux matières protéiques, tant par la réaction du biuret que par tout l'ensemble de leur allure. Curtius a obtenu, à partir de l'éther éthylique du glycocolle, toute une série de produits de condensation dont l'un donne une magnifique réaction du biuret. De même, en greffant le glycocolle sur l'acide hippurique, il est arrivé à des corps compliqués qui donnent la même réaction. Emile Fischer nous a renseignés maintenant sur la façon dont s'accomplissent ces condensations. Elles se font suivant le schéma : — AzH.CH.CO.AzH.CH.CO.AzH —, c'est-à-dire exactement suivant le mode d'association que j'ai appelé jusqu'ici chaîne indirecte. La base obtenue par Curtius avec le glycocolle, dont je viens de faire mention, s'est révélée comme l'éther éthylique, de structure analogue, d'un acide constitué par sept molécules de glycocolle :

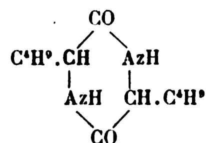
$$AzH^2.CH^2.CO.AzH.CH^2.CO.AzH.CH^2.CO.AzH.CH^2.CO.$$
$$AzH.CH^2.CO.AzH.CH^2.CO.AzH.CH^2.CO^2.C^2H^5.$$

Tous ces faits mettent hors de doute que la condensation des acides aminés en groupements plus ou moins analogues aux peptones ou à l'albumine s'effectue d'une façon particulièrement aisée suivant la chaîne en question ; et que, jusqu'à plus ample information, il faut supposer que les produits de condensation analogues qui se présentent dans la Nature — et ce sont les matières protéiques — prennent naissance de la même manière ;

4° La liaison des noyaux carbonés suivant le mode indiqué ne convient pas uniquement à l'albumine, mais c'est bien plutôt un phénomène tout à fait courant dans les synthèses qui se font au cours des échanges nutritifs intermédiaires. La synthèse de l'acide hippurique, des acides conjugués de la bile, des acides uraminiques, et des acides aminés acétylés, se fait dans le corps des animaux exactement de la même façon. Ce fait a son importance au point de vue biologique, car il permet de regarder la reconstitution des albuminoïdes dans le corps des animaux, avec les produits de décomposition plus ou moins éloignés qui se forment dans l'intestin, comme un cas particulier d'un processus de groupement extrêmement répandu ;

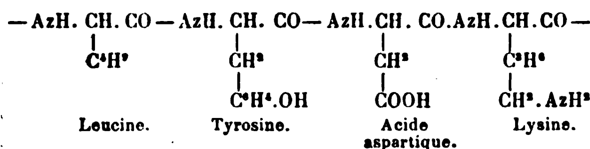
5° Joignons à tout cela que ce mode d'association se révèle comme très accessible à la dissociation hydrolytique, aussi bien par les acides que par les ferments. Ainsi l'acide hippurique, $C^6H^5.CO.AzH.CH^2COOH$, est décomposé en acide benzoïque et glycocolle, aussi bien par les ferments bactériens que par ceux qui proviennent du corps des animaux. On ne peut, il est vrai, espérer que *tous* les ferments hydrolytiques agissent sur ce mode d'association : les ferments sont pour cela des agents trop spécifiques, trop destinés à vivre sur un milieu particulier. La trypsine, qui agit si énergiquement sur l'albumine, n'est pas capable de décomposer l'acide hippurique (Gulewitsch), ou de séparer le reste ammoniacal dans des acides aminés, d'ailleurs si peu stables, tels que l'acétamide et l'asparagine. Il est d'autant plus remarquable que la trypsine, aussi pure que possible et sans trace du ferment qui dissocie les graisses, possède cependant la propriété de modifier à 40° la base de Curtius, mentionnée plus haut, jusqu'à complète disparition de la réaction du biuret ; tandis que, dans les mêmes conditions l'eau, l'acide étendu et, ce qui est encore plus propre à nous surprendre, la pepsine chlorhydrique même, restent complètement inactifs (Schwarzschild) ;

6° Enfin nous possédons, parmi les produits de décomposition des albuminoïdes, certains corps qui offrent la réalisation du mode d'association en question, ou tout au moins un mode très voisin. D'une part, Salaskin a obtenu avec l'hémoglobine, soumise à la digestion tryptique et peptique, la leucinimide — corps analogue à la pipérazine — qui offre la double association de deux noyaux de leucine sur le type indiqué, dont l'un au moins :



peut être regardé comme formé antérieurement. L'arginine nous offre un exemple tout semblable de l'existence connue et fréquente de noyaux albuminoïdiques en groupement binaire. Ici, le reste de la guanidine est fixé sur le groupement de l'ornithine $COOH.CH.(AzH^2).CH^2.CH^2.CH^2.AzH.C(AzH)AzH^2$, exactement comme le veut la théorie développée plus haut, seulement avec cette différence que le groupe divalent CO est remplacé par le groupe C(AzH), qui est son homologue à beaucoup d'égards. La leucinimide et l'arginine, c'est-à-dire les deux produits binaires bien connus résultant de la décomposition de l'albumine, présentent justement ce mode de liaison, et c'est là un fait qui est d'un grand poids pour la théorie qu'on a exposée.

L'hypothèse d'une semblable association, appliquée aux diverses formes d'acides aminés, conduirait au schéma approximatif suivant :



c'est-à-dire à une chaîne de glycocolles dans lesquels l'atome de carbone réuni à l'azote porte une espèce de chaîne latérale constituée par un butyle, un oxybenzyle, etc. — Tout cet édifice pourrait donc être regardé comme une chaîne de glycocolles substitués de diverses manières. On voit en même temps que les carboxyles libres des acides monaminés dibasiques, et les groupes aminés libres des acides diaminés eux-mêmes admettent encore la fixation d'acides aminés, et peuvent ainsi servir de point de départ à d'autres chaînes analogues de glycocolle.

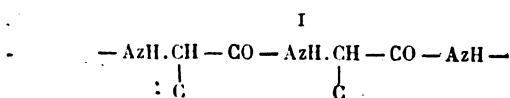
V

Je voudrais essayer d'indiquer un point sur lequel la conception que je viens d'exposer s'avance peut-être vers les théories physiologiques. C'est à propos de l'oxydation destructive des albuminoïdes dans le corps même des animaux et au dehors.

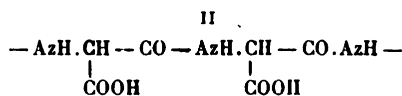
Maly a fait connaître que l'oxydation de l'albumine et des autres subtances protéiques, par le permanganate et à froid, conduit finalement à des corps fortement acides, nommés acides peroxyprotéiques, très riches en oxygène, de structure plus compliquée encore, et qui donnent la réaction du biuret. Décomposés par la baryte, et sans paraître reprendre de nouvel oxygène, ils donnent par hydrolyse beaucoup d'acide oxalique à côté d'ammoniaque et d'une certaine quantité d'acides aminés et d'acide sulfureux (provenant sans doute du soufre de la molécule de cystéine).

D'autre part, l'acide oxamique est un produit d'oxydation de l'albumine, ainsi que l'ont fait connaître Lœw et Halsey. La présence de l'acide oxalique, ou de son amide, est d'autant plus surprenante que les dérivés de l'éthane, auxquels il faut penser tout d'abord avec le glycocolle, ne sont représentés que très parcimonieusement dans la molécule albumineuse. La théorie précédemment exposée permet d'expliquer facilement ce fait. Si, dans le corps de la molécule d'albumine, la chaîne glycocollique I existe en proportion notable, elle doit, par oxydation des chaînes latérales, prendre la forme II, qui, à son tour, passe à l'état III, par fixation nouvelle d'oxygène et perte d'acide carbonique :

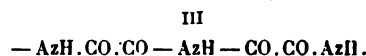
I



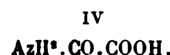
II



III



IV



Le passage à l'oxamine (IV) par fixation d'hydrogène, et à l'acide oxalique, si le reste ammoniacal se détache à son tour, se comprend de lui-même, et aussi dans le cas où il y aurait dorénavant des groupes glycocolliques exclusivement substitués (au sens adopté précédemment).

Ce processus peut expliquer aussi bien l'abondante formation d'acide oxalique dans l'oxydation artificielle de l'albumine, et peut-être aussi, sous certaines conditions, la présence de l'acide oxalique dans les tissus des plantes; mais il pourrait sans doute ne pas se produire lors de l'oxydation de l'albumine dans le corps des animaux. L'acide oxalique ne se présente ici qu'en proportion négligeable, car on en rencontre une quantité extrêmement minime dans les sécrétions ; et cependant, si on l'introduit artificiellement dans l'organisme, il est expulsé en grande partie sans avoir été brûlé. La destruction du complexe du glycocolle I, qui existe très probablement, doit se faire avant la formation des groupes oxalyles III. C'est ce qu'on suppose en réalité. Le stade intermédiaire II est formé de deux molécules d'acide amino-malonique réunies l'une à l'autre. La fixation d'eau peut produire l'acide amino-malonique lui-même ; ou bien, comme cet acide singulier se dissocie avec une facilité extrême, par simple chauffage en présence de l'eau, en glycocolle et acide carbonique, on obtient ces deux produits de décomposition.

Si l'on se rappelle bien que beaucoup de matières protéiques formées dans l'organisme aux dépens de l'albumine, et surtout le collagène, sont beaucoup plus riches en molécules de glycocolle que la substance mère, n'en viendra-t-on pas assez naturellement à penser que la formation de ces substances consiste pour une part dans une oxydation destructive des chaînes latérales, au sens exposé plus haut ? Si l'on se rappelle encore que, comme nous l'enseigne la formation de l'acide hippurique après l'addition d'acide benzoïque, et la production normale d'acide glycocholique, le glycocolle se forme dans l'organisme animal pour toutes sortes de régimes alimentaires, c'est-à-dire aux dépens de l'albumine du corps même, il faudra bien admettre que la chaîne précédente d'éthers mixtes de l'acide amino-malonique produit ce glycocolle par sa propre destruction. Du reste, on a récemment prouvé que la formation d'acide

urique chez l'oiseau, quand on lui administre de l'urée en abondance, est fortement relevée quand on lui fait prendre de l'acide aminomalonique et des dérivés de celui-ci (Wiener). L'acide amino-malonique provenant peut-être de l'albumine ne serait-il pas une matière première aussi favorable à la formation de l'acide urique, étant donné surtout qu'il possède déjà un des atomes d'azote nécessaire fixé sur la chaîne carbonée à trois ramifications ? Et quand on a vu avec quelle facilité le glycocolle se transforme en urée par oxydation dans l'organisme animal et en dehors de celui-ci, on ne peut guère échapper à la conviction qu'il faut partir des acides aminés et de l'albumine pour arriver à l'urée en passant par le glycocolle.

Ainsi, en adoptant pour la structure de l'albumine l'indication que nous avons proposée, il est possible de ramener naturellement à la destruction de la molécule albumineuse les produits azotés définitifs les plus importants des échanges nutritifs. Cela est possible, dis-je, car quelque séduisantes que soient ces excursions de la pensée, elles peuvent conduire à des erreurs, si on les prend trop à la lettre. Il suffit qu'elles nous amènent toujours à nous poser des questions nouvelles accessibles à la vérification expérimentale.

Ce ne serait, du reste, pas la première fois qu'on réussirait à trouver une relation entre la structure de l'albumine et les produits définitifs des échanges nutritifs.

La dérivation des oxyacides aromatiques, à partir du noyau de la tyrosine ; de l'indol et de ses dérivés, à partir du noyau indolique de l'albumine, est nettement éclaircie.

Tout récemment encore, on a mis hors de doute le rapport de la taurine avec le noyau de la cystéine (Friedmann). C'est en poursuivant de semblables études, où l'expérimentation est conduite tantôt par le chimiste et tantôt par le physiologiste, qu'on peut espérer réussir enfin à embrasser, dans leurs relations mutuelles, les transformations extrêmement nombreuses que subissent les noyaux de l'albumine nutritive au service des organes de l'animal, et jeter un regard satisfait sur le domaine des échanges nutritifs, d'une si haute importance physiologique et pathologique[1].

F. Hofmeister,
Professeur à l'Université de Strasbourg.

VOYAGE DE RECONNAISSANCE AU MAROC[1]

DEUXIÈME PARTIE : CLIMAT, FLORE, FAUNE, POPULATION

I. — Climat.

La latitude, le voisinage et les vents de la mer, les alizés notamment, et l'Atlas, dont la haute muraille joue le rôle d'un modérateur très efficace des influences sahariennes, sont les agents principaux du climat subatlantique en général. Mais l'élévation moindre, la proximité plus grande des gradins inférieurs de la mer et la température relativement basse de celle-ci près du littoral, d'une part, l'altitude plus considérable des plateaux de l'intérieur, leur distance de l'océan, les hauteurs qui les séparent des régions côtières et s'opposent plus ou moins à la pénétration des vents marins, d'autre part, ont créé dans le *vorland* de l'Atlas deux variétés de climats nettement opposées, l'une maritime, l'autre plutôt continentale.

La chaîne Ighout-Mouisat-Fathnassa-Akhdar peut être considérée comme formant la limite entre les deux zones climatériques à l'ouest du Morbêa. A l'est, où le talus relativement peu élevé de la terrasse supérieure ne constitue pas un obstacle insurmontable, les influences marines se font sentir jusqu'à 80 et même 90 kilomètres de la côte, décroissant peu à peu, au fur et à mesure que l'altitude et la distance de la mer augmentent.

Il est bien entendu que nous ne nous occupons toujours que de la région située entre le 9° et le 11° de longitude et les latitudes de Rabat et de Marrakech.

A la côte, la température moyenne de janvier est de 12 à 14°, celle de juillet de 22 à 24°. Le thermomètre n'y descend guère au-dessous de + 5° en hiver, et n'excède qu'assez rarement 30° en été. La température moyenne de l'année y est d'environ 18°, l'écart entre les températures moyennes de janvier et de juillet de 10°, et l'écart entre les températures extrêmes de 25 à 30°.

Dans le haut plateau de Marrakech, la tempéra-

[1] Cet article reproduit presque entièrement le discours prononcé par l'auteur à la dernière réunion de la Société allemande des Naturalistes et des Médecins.

[1] Voyez la première partie de cette étude dans la *Revue* du 30 avril 1903, t. XIV, p. 435 et suiv. Voyez aussi, sur le Maroc, les articles de MM. J. Machat, Aug. Bernard et E. Doutté dans la *Revue* des 15 et 30 janvier, 15 et 28 février, 15 et 30 mars et 15 avril 1903.

ture moyenne de janvier ne doit être que de 10 à 12°, celle de juillet de 30 à 32°. Le thermomètre y descend souvent au-dessous de zéro. (D'après M. de La Martinière, on observe parfois, à Marrakech, des températures de — 3° et — 4°; et dans l'Aâloua, à 8 ou 900 mètres d'altitude et entre 80 et 100 kilomètres de la côte, nous avons relevé des gelées blanches le 27 décembre 1897, le 17, le 18 et le 22 janvier 1898.) En été, la température doit y atteindre et même dépasser 45° à l'ombre. (Nous avons relevé 44°, à Meknès, le 16 septembre 1898). La température moyenne de l'année y serait donc de 21° environ, les écarts entre les températures moyennes de janvier et de juillet de 20° et entre les maxima et les minima absolus de 50°, c'est-à-dire doubles de ce qu'ils sont à la côte.

Mais ces températures relativement élevées et basses dans l'intérieur du *vorland* sont rendues très supportables par l'état hygrométrique de l'atmosphère. Tandis que l'air de la région côtière est généralement très chargé, souvent saturé de vapeurs d'eau, celui des hautes plaines est très sec, surtout en été. M. Fischer, dans son étude approfondie de la climatologie du Maroc, compare la sécheresse atmosphérique de l'intérieur du *vorland* à celle des déserts. (En juin 1900, voyageant dans le pays des Beni Meskin, par une température voisine de 40°, je fus frappé de la rapidité extrême avec laquelle se desséchaient des linges imbibés d'eau dont je m'enveloppais la tête et les épaules).

La grande humidité de l'atmosphère de la zone côtière se manifeste par la fréquence des brouillards et l'abondance de la rosée et des pluies.

Les brouillards ne sont pas rares à la côte, surtout en été; et ils sont souvent tellement épais que le soleil ne parvient pas à les dissiper avant midi, ni même parfois pendant la journée entière.

La rosée et le serein sont extrêmement abondants dans la zone côtière, où ils sont d'une importance capitale pour l'agriculture. Ils deviennent de plus en plus rares vers l'intérieur et finissent par manquer presque complètement dans les hauts plateaux.

A la côte, la saison pluvieuse, interrompue par de longues séries de beaux jours, dure d'octobre en avril. Les périodes où il tombe le plus d'eau semblent être celles qui s'étendent de mi-novembre à mi-janvier et de mi-février à mi-mars.

D'après M. G. H. Fernau, qui a bien voulu nous communiquer le résultat des observations faites par lui à Casablanca pendant les années 1897-1902, le nombre des jours de pluie a été, en moyenne, de 66,6 par an. Pendant la même période, la quantité annuelle moyenne d'eau recueillie au pluviomètre a été de 450mm,5 et a oscillé entre 482mm,3 en 1897-1898 et 418 mm. en 1900-1901.

(Sur les 92 jours — du 24 décembre 1897 au 26 mars 1898 — que dura mon voyage de Casablanca à Sokhrat ed-Djeja, le séjour en cet endroit et la marche à Marrakech, il y eut 26 jours de pluie : 13 pendant les derniers jours de décembre (ils avaient été précédés par une série d'autres) et les 12 premiers jours de janvier; les 13 autres, du 19 février au 21 mars. Du 13 janvier au 18 février, pendant 37 jours, il ne tomba pas une goutte d'eau.)

Parfois, il pleut en septembre et en mai, quelquefois même en juin, rarement en juillet et en août; mais ces ondées précoces ou tardives, exceptionnelles à la côte, sont assez fréquentes dans l'intérieur, où les pluies, beaucoup moins abondantes, sont cependant réparties sur une plus grande partie de l'année. (Nous avons eu des pluies, à Marrakech, en mai et juin 1898 et, le 21 septembre de la même année, nous sommes arrivés à Fez par une pluie battante, la première de la saison, qui tomba pendant plus de trois heures et fut suivie d'une série de jours pluvieux.)

La grêle n'est pas bien rare, en hiver, à quelque distance de la côte; quant à la neige, elle est inconnue dans la région qui nous occupe.

Les pluies coïncident avec les vents du Sud-Ouest. Ceux-ci, peu fréquents en été, alternent en hiver avec les alizés du Nord-Est, qui dominent pendant la majeure partie de l'année. En été, tant qu'ils règnent en maîtres incontestés, le ciel reste bleu et la température agréable. La chaleur ne devient quelque peu accablante que pendant les périodes, assez rares, où ils ne soufflent pas. Encore est-elle atténuée par une brise de la mer qui se fait généralement sentir au milieu du jour, entre dix et quatre heures. Vers le soir, on observe un courant en sens inverse, appréciable surtout dans la vallée des fleuves.

Les tempêtes sont fréquentes en hiver, à l'époque des vents variables. Elles font quelquefois des ravages considérables dans les villes de la côte et parmi les voiliers qui se trouvent à l'ancre dans leurs rades mal abritées. Les steamers restent sous pression et gagnent le large quand le temps se gâte.

De temps à autre, en été, mais très rarement, un vent chaud du Sud-Est, généralement soufflant en ouragan et chargé de poussière, peut amener une température voisine de 50°.

Un phénomène que l'on observe souvent dans l'intérieur, notamment en été, vers le soir, ce sont des trombes de poussière parcourant la plaine avec une grande rapidité. Ce sont ces tourbillons, d'après M. Fischer, qui seraient les agents de la dénudation des hauts plateaux et de la formation du *tirs*.

Les orages sont rares à la côte; mais ils sont plutôt communs à quelque distance de celle-ci.

(Pendant la marche de Sokhrat ed-Djeja à Marrakech, nous en avons observé cinq, dont un en février, sans pluie; les quatre autres en mars, tous accompagnés d'averses torrentielles.)

Le mirage est un autre phénomène que l'on observe quelquefois dans les plaines arides et surchauffées de l'intérieur.

En résumé, le *vorland* de l'Atlas jouit d'un climat agréable et salubre : assez humide, il est vrai, mais tempéré et très égal à la côte; moins constant, mais sec, dans les hautes plaines de l'intérieur. Les maladies endémiques y sont relativement bénignes, et les épidémies n'y font qu'assez rarement de grands ravages. Nous reviendrons, d'ailleurs, dans un autre article, sur les maladies du Maroc et les moyens dont disposent les indigènes pour les combattre.

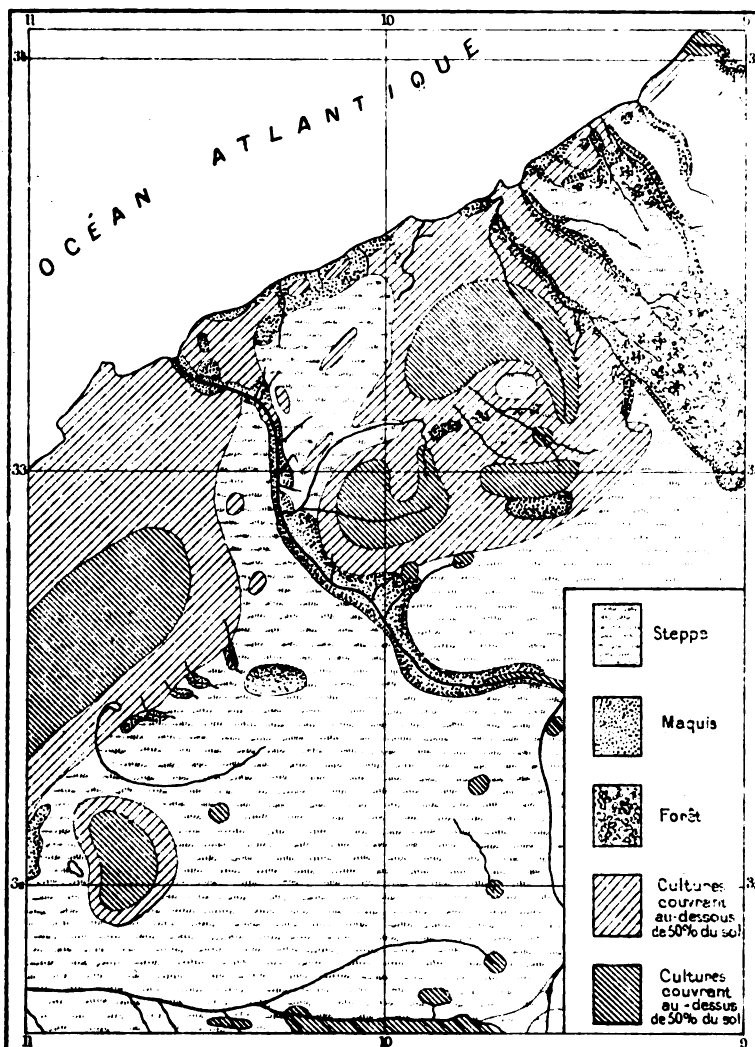


Fig. 1. — *Répartition de la végétation dans la région comprise entre Rabat, Mazagan et Marrakech.*

II. — Flore.

§ 1. — Flore naturelle.

Les conditions climatériques que nous venons d'énumérer expliquent la grande différence qui existe entre la végétation de la zone côtière, pays d'agriculture, et celle des hautes plaines de l'intérieur, pays d'élevage.

La zone côtière se distingue par l'abondance relative, la diversité et l'épanouissement des plantes que l'on trouve dans ses landes, dans ses maquis, dans ses forêts et dans ses vastes étendues cultivées; les hautes plaines, par le petit nombre des espèces et le développement maigre ou éphémère des individus qui forment le tapis végétal de leurs steppes, dont la monotonie n'est interrompue que par les rares oasis que l'on rencontre le long des cours d'eau (fig. 1).

Les steppes du sahel présentent un aspect tout différent de ceux de l'intérieur. La plante la plus caractéristique de ces steppes est le *doum* (palmier nain : *Chamærops humilis*), qui ne se trouve guère que là, puis, mais en quantité bien moindre, le long du talus de la terrasse supérieure et au pied de l'Atlas. Malgré la ténacité avec laquelle il s'oppose au défrichement des terres, le *doum* est une plante d'une grande utilité. Il fournit aux indigènes la matière pour la confection des cordages, des nattes, des paniers, des bâts, des tentes; il sert de combustible, et ses fruits et ses racines se mangent.

Parmi les autres espèces des landes côtières, notons le *klakh* (*Ferula tingitana*), dont les tiges atteignent de deux à trois mètres de hauteur et s'emploient pour la construction des huttes, le *drias* (*Thapsia garganica*), le *brouak* (asphodèle), le *skoum* (asperge sauvage), des iris, des narcisses, des crocus, le *yerni*, une aroïdée dont les rhizomes remplacent en temps de disette les autres amylacées, après avoir été lavés à plusieurs reprises, séchés et moulus; puis, dans les terrains sablonneux, le *rtem* (*Retama monosperma*), grand genêt à fleurs blanches très odorantes, l'*ansel* (*Scille maritima*), etc.

Dans les terres noires, on remarque surtout des

férules, des fenouils et des chardons, le *kherchouf* (artichaut sauvage) et le *zraga*, une plante qui devient entièrement bleue en été et communique alors cette teinte à de vastes territoires où la plupart des autres espèces ont péri.

Ailleurs, notamment dans la région des terrasses, on trouve des prairies herbeuses fleuries de soucis, de pâquerettes, de camomilles, de mauves, de moutarde sauvage, etc. Ailleurs encore, surtout dans la partie méridionale de la terrasse supérieure, de vastes espaces sont couverts de graminées appartenant surtout au genre *Bromus*. Tous ces territoires à plantes exclusivement herbacées deviennent en été de véritables déserts.

Dans le haut plateau subatlantique, on trouve également des steppes à graminées, puis d'autres où dominent des broussailles basses : le *chih* (*Artemisia alba*), le *gettaf* (*Atriplex halimus*), le *harmel* (*Peganum harmala*), le *remt* (*Caroxylon articulatum*), le *gherteg*, etc.

Il existe des maquis (*ghaba*) dans le sahel, sur les pentes des vallées, en plusieurs points du talus de la terrasse supérieure et de l'Aâloua, aux flancs du Dj. Akhdar, de Dj. Kharro, des Djebilat. L'espèce la plus commune, celle que l'on y trouve presque toujours et que l'on rencontre aussi dans les steppes, c'est le *sder* (*Zizyphus lotus*). Son fruit est assez recherché par les indigènes, surtout par les Juifs qui le distillent pour en faire du *mahia* ; ses branches, tordues et hérissées d'épines, servent à faire des clôtures (*zeriba*). Le *dro* (*Pistacia lentiscus*) ne se trouve que dans les maquis du sahel. Son bois fournit d'excellent charbon ; son écorce sert à tanner le cuir, et de ses fruits on extrait une huile employée pour l'éclairage dans certaines parties du Maroc, au Rif notamment. Le *rihan* (*Myrtus communis*) produit des baies comestibles ; ses feuilles servent en médecine et dans les cérémonies religieuses juives. Le *gendoul* (*Callicotome spinosa*) et l'*aggaz* (*Daphne gnidium*) fournissent, paraît-il, des matières colorantes. Le *tirta* (*Zygophyllum cornutum* ?) sert dans la thérapeutique indigène ; ses feuilles sont considérées comme un excellent fourrage pour les chameaux. Le *tlah* (*Acacia gummifera*) est assez répandu dans les maquis et les steppes des abords du cours moyen du Tensift et du Morbêa ; on récolte sa gomme au sud du Tensift et chez les Ahmar, et ses fruits fournissent une matière colorante rouge. Le *Maticha roumia*, appelé aussi *tfà el-ùch'k*, est un buisson appartenant à la famille des Solanées ; les indigènes se servent du suc très astringent de ses fruits pour en badigeonner les blessures produites par le bât chez les bêtes de somme. Le *kharroub* (caroubier : *Ceratonia siliqua*) fournit des fruits comestibles et une écorce qui est employée pour le tannage des peaux ; il est plus répandu dans le nord du Maroc, où il atteint un développement plus considérable. Il en est de même du *zebboudj* (*Olea oleaster*) dont le bois sert à la construction ; de son fruit noir, plus petit que l'olive, on tire une huile alimentaire assez estimée. L'*argan* (*Argania sideroxylon*) est un arbre que l'on ne trouve qu'au Maroc. On admet communément qu'il n'existe qu'au sud du Tensift ; mais M. Fischer a signalé sa présence sur la rive droite du Morbêa, près de Mª Ech-Chaïr, et nous en avons vu un groupe isolé près du cap Blanc et des forêts à partir du Djerf El-lhoudy. Son bois est très résistant ; les troupeaux, les chèvres surtout, se nourrissent de la pulpe de ses fruits qui ressemblent à de petites prunes jaunes, et rendent les noyaux dont on extrait une huile d'une saveur âcre, mais dont l'usage est très répandu au Maroc.

Dans les forêts des M'dakra, des Achach et des Beni Khiran, outre certaines essences déjà nommées, on trouve le *tachta* (*Quercus ilex* ?) et le *bellout* (*Quercus ballota*) dont on mange les glands, le *taq*, un genévrier dont le bois fournit d'excellent goudron, le *snober* (*Pinus halepensis*), l'*arar* (*Callitris quadrivalvis*) qui produit la résine sandaraque, et dont le bois, presque imputrescible, d'un brun rosé, d'un joli dessin et d'une odeur balsamique très agréable, est fort prisé pour la construction et l'ébénisterie ; dans les bois des Ziaïda et des Zaïr, on trouve surtout le *fernan* (chêne-liège : *Quercus suber*).

Le long des cours d'eau croissent le *tarfa* (*Tamarix africana*), le *defla* (laurier rose ; *Nerium oleander*), le gattilier (*Vitex agnus castus*), le ricin (*Ricinus communis*), le *b'toum* (*Pistacia atlantica*), des peupliers (*sefsafa*), des palmiers (*nekhla* ; *Phœnix dactylifera*) solitaires ou par groupes ; dans les terrains marécageux et près des eaux stagnantes : des roseaux (*kseb*), dont on se sert pour la construction des huttes, le *berdi* (*Typha angustifolia*), dont on les couvre, et des joncs (*smar*), dont on fait des nattes.

§ 2. — Agriculture.

Grâce à la nature du sol (*tirs* et *hamri*) et à l'abondance des précipitations, une grande partie de la zone côtière se prête admirablement à l'exploitation agricole. C'est, avant tout, la terrasse inférieure, puis, dans la terrasse supérieure, la région septentrionale de cette terrasse à l'est du Morbêa et une partie du territoire des Ahmar, région dans laquelle les pluies sont généralement assez abondantes, à cause de l'absence d'une barrière montagneuse entre le Dj. Ighout et le Tensift.

Mais les champs sont loin de couvrir toute la région susceptible d'être cultivée. Il reste encore d'immenses terrains à défricher, surtout dans les

terres rouges (*hamri*), où les récoltes dépendent entièrement de l'abondance des pluies et de leur arrivée au bon moment, l'irrigation artificielle étant généralement impossible. Dans les terres noires (*tirs*), les résultats sont moins aléatoires. Comme nous l'avons remarqué plus haut, elles sont capables d'emmagasiner une quantité d'eau considérable; elles s'imprègnent des pluies hivernales et, longtemps après la cessation de celles-ci, même quand elles ont été relativement peu abondantes, conservent un certain degré d'humidité que les rosées contribuent à entretenir. En été, elles se dessèchent et se crevassent, et les premières pluies de l'automne font couler dans les fentes les couches superficielles délayées, exposant ainsi des terrains toujours nouveaux à la surface. Ces terres ne demandent à être ni irriguées, ni fumées, ni laissées en friche, et produisent cependant en abondance : blé, orge, maïs, millet, fèves, pois chiches, lentilles, lin, coriandre, fenugrec, etc. La moisson de l'orge a lieu aux premiers jours de mai, celle du blé dans la seconde quizaine de ce mois, celle du maïs au commencement de juin, et celle des légumineuses un peu plus tard. C'est pourquoi ces derniers se cultivent moins dans les terres rouges et dans les régions éloignées de la mer, dont le sol se dessèche plus rapidement.

Dans toute cette région agricole, les arbres sont très clairsemés; on n'y trouve guère que quelques rares plantations de figuiers et de nopals. Cependant, près de la plupart des agglomérations de quelque importance : villes, kasbas, zâouias, gottâs, et dans les vallées bien arrosées, on trouve généralement des plantations d'arbres fruitiers et de légumes. Ces plantations sont irriguées au moyen de canaux dérivés des sources ou des cours d'eau, ou de norias, de machines mises en mouvement par un chameau ou une mule et servant à élever les eaux de la nappe souterraine. On y trouve le figuier, le grenadier, l'olivier, l'oranger, le citronnier, le limonier, le cognassier, l'abricotier, le pêcher, la vigne; puis : la carotte, le navet, le radis, la patate, l'aubergine, la tomate, la courge, le concombre, la pastèque, le melon, le piment, l'oignon, l'ail, le persil, le cumin, la menthe, l'absinthe, le henné, etc. Les agaves et les nopals servent généralement de clôtures à ces jardins, dont les plus beaux se trouvent dans la banlieue de Rabat, à M'héoula, sur le bas Morbêa, et à Settat, dans la vallée de l'oued Bou-Mousa.

Dans toute la zone des hautes plaines, l'irrigation du sol est indispensable à sa mise en valeur agricole. On n'y trouve donc des cultures que dans le voisinage des sources et des cours d'eau. Ce sont de véritables oasis, dont l'irrigation se fait au moyen de canaux à ciel ouvert (*saguia*) ou d'acqueducs souterrains (*chtater*, au sgl. *chattâra*), que l'on construit en creusant une série de puits verticaux dont on relie le fond par une galerie horizontale ou plutôt légèrement inclinée. Certains de ces aqueducs sont fort longs; celui qui alimente Marrakech y amène, paraît-il, les eaux d'une source située à deux lieues de la ville; et, d'après Crema, l'oasis d'El-Klaâ serait irriguée au moyen d'eaux dérivées du Teçaout.

On trouve de ces oasis dans les vallées du Chechaoua et du Nfis, à Smira, à Dar Allalh Cherkaoui, dans la vallée du Teçaout et de ses affluents, à El-Klaâ, à Tamlelt, à Ras El-Aïn. La plus étendue est celle de Marrakech. Elle est formée par la réunion de toutes les cultures arrosées par les nombreux affluents du Tensift, qui occupent ensemble, le long de la rive gauche du fleuve et entre la capitale et St Rehal, une surface que l'on peut évaluer à 30.000 hectares. D'après M. Fischer, auquel on doit la meilleure étude de cette région, l'oasis de Marrakech aurait 45 kilomètres de longueur sur 5 à 8 kilomètres de largeur. En dehors de la plupart des céréales, des légumineuses, des légumes et des arbres fruitiers déjà cités, on y trouve des mûriers, des amandiers et, surtout, des dattiers, qui forment une véritable forêt de 10 à 12 kilomètres de longueur, au nord et à l'est de Marrakech.

III. — Faune.

La faune du Maroc est, en somme, celle, bien connue, des pays méditerranéens voisins. Nous nous contenterons donc d'en nommer les espèces qui se distinguent par leur nombre, celles qui présentent un intérêt comme animaux domestiques, comme gibier ou à quelque autre titre.

§ 1. — Carnassiers.

Le lion a complètement disparu de la région dont nous nous occupons; mais il joue un grand rôle dans les contes indigènes, qui le représentent comme un animal essentiellement noble et magnanime. Les Marocains sont absolument persuadés qu'un lion n'attaque jamais, ni une femme, ni... un descendant de Jacob, et qu'il épargne même le croyant qui dépose ses armes en sa présence et lui fait sa soumission en l'appelant *Sidi* (Monseigneur) et en invoquant sa clémence. — Les panthères et les hyènes font encore des apparitions, dit-on, dans les forêts des Zaïr et des Beni Khiran. La chasse à la première est réputée particulièrement dangereuse : plus dangereuse que celle du lion; aussi, quand sa présence est signalée quelque part, les indigènes se contentent-ils le plus souvent de lui dresser des pièges, des fosses recouvertes de branchages. Quant à la hyène, sa forme

étrange, ses allures mystérieuses, son invisibilité le jour et les ricanements sinistres par lesquels elle annonce sa présence la nuit, en font pour l'indigène une espèce de vampire ou de loup-garou. On lui attribue le pouvoir de fasciner l'homme, qu'elle entraîne ensuite à sa tanière pour le dévorer.

Le chacal et le renard sont très communs. Les indigènes mangent quelquefois leur chair et surtout leurs intestins, auxquels ils attribuent certaines vertus médicales. Le chat sauvage, la mangouste et la loutre sont plus rares. Le hérisson est très répandu et très recherché pour sa chair.

Parmi les animaux domestiques appartenant au même groupe, citons le chat, que l'on ne trouve guère que dans les villes, le slougi, qui sert à la chasse à courre, et les roquets, qui gardent les douars et les troupeaux, ou qui rôdent dans les rues et aux abords des villes où ils se chargent de la voirie.

§ 2. — **Rongeurs.**

Le porc-épic creuse de préférence son terrier dans les parois abruptes et boisées des vallées solitaires. Les indigènes le chassent principalement pour sa chair et s'y prennent de la façon suivante : Ayant découvert un terrier, ils commencent par s'assurer de l'issue par laquelle son habitant a coutume de le quitter, en plaçant des baguettes en travers de tous les orifices. Puis, la nuit suivante, ils se mettent à l'affût et attendent patiemment la sortie de la bête pour lui envoyer une balle. Ils le prennent quelquefois vivant, en introduisant dans l'issue du terrier un bout de natte roulé en cône tronqué. Au moment de sortir, le porc-épic s'aperçoit du danger qu'il court et rebrousse chemin à reculons; mais ses piquants pénètrent dans la natte et le font prendre. — Le lièvre est très commun. Les Bédouins le chassent de préférence à cheval, avec ou sans chiens, et armés de la *zerouata*, bâton court terminé par un renflement à l'une de ses extrémités, qu'ils savent lancer avec beaucoup d'adresse. Le lapin, qui pullule dans certaines parties du Maroc septentrional, semble s'arrêter au Bou-Regreg. En tout cas, il est très rare au sud de ce fleuve. Les gerboises sont nombreuses dans la vallée du Tensift, et les écureuils dans toutes les régions forestières.

§ 3. — **Pachydermes.**

Le sanglier est très répandu dans tous les districts boisés et humides : dans les maquis du Sahel et dans les fourrés des bords du Bou-Regreg, de l'Ykem, du Cherrat, du Bou-Znika, du Neffifikh. Il est plus petit, mais non moins féroce que son congénère d'Europe. Les Bédouins, bien qu'ils dédaignent sa chair, le chassent avec ardeur, à l'affût et en battue, à pied et à cheval, pour le laisser ensuite en pâture aux chacals et aux corbeaux. Les riches indigènes élèvent souvent de jeunes sangliers dans leurs écuries pour détourner l'attention des génies malfaisants de leurs chevaux et de leurs mules, autres pachydermes dont nous nous occuperons à propos de l'élevage.

§ 4. — **Ruminants.**

Les gazelles vivent en troupes nombreuses dans les steppes à graminées des Mzab, Ourdigha, Tadla, Beni-Meskin, Sraghna et Rahamna. Leur chair est excellente. On les chasse en battue ou en s'embusquant près des ruisseaux ou des flaques d'eau où elles vont se désaltérer. Quelquefois aussi on les force, en les poursuivant à cheval, avec des lévriers et des faucons qui ralentissent leur course en voltigeant autour de leur tête. Il existe une antilope plus grande dans les régions boisées de l'Est. — Nous trouverons, plus loin, le chameau, le bœuf, le mouton et la chèvre.

§ 5. — **Oiseaux.**

Parmi les Rapaces, citons les aigles, des vautours à tête blanche, différentes espèces de faucons, des hiboux, des chouettes; parmi les Passereaux, particulièrement nombreux : le corbeau, un beau geai au plumage bleu, vert et brun à reflets métalliques, la pie, l'étourneau; les rossignols et les merles, qui abondent dans les jardins. Le *tbibit* est un passereau ressemblant beaucoup au moineau et que l'on ne trouve qu'au sud du Morbêa, surtout à Marrakech, où il est l'hôte familier de toutes les maisons. Les Gallinacés sont représentés par la poule, l'unique volaille de basse-cour des Bédouins, l'outarde, assez fréquente dans les hautes plaines, la poule de Carthage, la perdrix rouge, le francolin, la caille et une grande variété de pigeons, ramiers, tourterelles, qui nichent dans toutes les vieilles murailles, dans les falaises rocheuses, dans les bois et les vergers. Près des cours d'eau, des étangs, des marécages, on trouve de nombreux Échassiers et Palmipèdes : d'innombrables cigognes, des hérons, des grues, des bécasses, des bécassines, des poules d'eau, des canards, des sarcelles.

§ 6. — **Reptiles.**

Dans l'ordre des Chéloniens, nous trouvons des tortues d'eau douce, qui pullulent dans tous les ruisseaux et dans tous les étangs, et des tortues de terre, également très répandues; dans les Sauriens : des lézards, des geckos, des caméléons; dans les Batraciens : des grenouilles, des rainettes, des crapauds; dans les Ophidiens : des couleuvres qui atteignent deux mètres de longueur. A Marrakech, elles se tiennent fréquemment dans les maisons,

qu'elles débarrassent des souris et des rats. On ne les y inquiète pas; on les accuse, cependant, de téter les vaches et même de se substituer quelquefois aux nourrissons, pendant le sommeil de la mère. Les serpents venimeux sont très rares dans le *vorland* de l'Atlas. Ceux que les Aïssaoua exhibent dans les souks (le *lefâ* : *Echidna rhinoceros* et le *bou-nfcha* : *Naja haje*) proviennent généralement du sud.

§ 7. — Poissons.

Mentionnons surtout l'anguille, que l'on trouve dans presque tous les ruisseaux, et l'alose, qui remonte le cours des grands fleuves au moment du frai et se prend alors en quantité.

§ 8. — Invertébrés.

Parmi les Insectes, nous citerons seulement l'abeille, à cause de l'apiculture assez répandue dans le pays, les criquets, pour les dégâts considérables qu'ils font pendant leurs incursions périodiques, et la vermine de toute espèce, pour son extrême abondance; parmi les Myriapodes : les scolopendres, dont la piqûre est douloureuse sinon dangereuse; parmi les Arachnides : le scorpion noir et jaune, dont la blessure est souvent mortelle pour les enfants et les animaux de petite taille, une araignée nommée *bou-çeha*, dont la piqûre est réputée fatale pour l'homme et même pour le cheval, puis des parasites, tels que les tiques et le sarcopte de la gale. Parmi les Vers, mentionnons les entozoaires les plus répandus : le lombric, l'oxyure, le ténia inerme; puis, une petite sangsue noire très commune; enfin, dans les Mollusques, les hélices, qui abondent dans les steppes du *vorland.*

§ 9. — Élevage.

Le Bédouin est avant tout pasteur. L'élevage constitue son unique occupation dans la région des steppes et existe partout, à côté de la culture du sol, dans les régions agricoles. L'élevage du mouton domine et semble être le plus lucratif. Sa chair est la principale viande de boucherie; il s'en fait une forte consommation pendant toute l'année et surtout à l'*Aïd el-Kebir*, à l'occasion duquel chaque ménage égorge un ou plusieurs béliers, suivant ses moyens. Le lait de brebis et ses produits jouent un grand rôle dans l'alimentation des Bédouins. La laine est un des principaux articles d'exportation. Une certaine quantité en reste dans le pays, où elle sert à rembourrer les matelas, qui tiennent une place prépondérante dans l'ameublement des maisons marocaines, et à la confection de certains vêtements indigènes : du *haïk*, de la *jellâba*, du *selham*. Les peaux sont exportées ou tannées dans le pays pour être converties en babouches, gibecières, etc.

Les chèvres sont moins nombreuses, dans la région que nous étudions, que dans certaines autres parties du Maroc. On les trouve surtout dans les terrains accidentés et rocheux. Leur chair, quoique moins appréciée que celle du mouton, se mange fréquemment à la campagne et semble moins désagréable au goût que celle des chèvres d'Europe. Les peaux et les poils sont exportés ou utilisés dans le pays même.

Le bœuf est généralement petit; il est décharné et de mauvaise apparence en été, mais reprend de l'embonpoint en hiver. Celui de l'*hinterland* de Rabat, du pays des Zemmour et de Zaïr, est une exception à la règle : il est plus grand et a les cornes plus longues; son bon état, même en été, prouve qu'il existe d'excellents pâturages dans son pays d'origine. On en expédie de grands troupeaux dans les villes du Maroc septentrional et même à Gibraltar et en Algérie. — Ailleurs, le bœuf est élevé comme bête de labour et pour la consommation locale. La vache marocaine est mauvaise laitière : on ne peut guère en tirer qu'un à trois litres de lait, et seulement tant qu'elle allaite. Pour la traire, on laisse d'abord téter le veau pendant un instant, puis on se substitue à lui. S'il vient à mourir, un enfant affublé de sa peau doit le remplacer; autrement — disent les indigènes — la vache retiendrait son lait. On ne tue jamais les veaux pour la consommation. Les peaux sont exportées ou utilisées dans le pays.

Le chameau remplace, au Maroc, le chemin de fer et les voitures. Le transport des marchandises n'est fait que par les caravanes. Le chameau porte en moyenne cinq quintaux; il fournit de longues journées, mais à une allure qui ne dépasse pas quatre kilomètres à l'heure. (Le dromadaire de selle, le *heïri*, qui en fait trois fois autant et plus, ne se trouve qu'au sud de l'Atlas.) Il est inutile de rappeler la sobriété de cet animal; il se nourrit des herbes qu'il parvient à happer le long de la route; à l'étape, on lui donne de la paille ou du fourrage vert et une ration d'orge tous les trois jours. On consomme sa chair et son lait. Son poil sert à la fabrication de tissus. Un chameau ordinaire vaut de 30 à 50 douros.

Nous avons déjà relevé les qualités et les défauts des chevaux marocains. Ceux des Abda sont réputés les plus beaux : ils sont plus grands que ne le sont généralement les chevaux barbes, et leur robe est le plus souvent grise. La castration ne se pratique pas, et on ne monte généralement que les étalons, les juments ne servant guère qu'à la reproduction. Au Maroc, le cheval sert surtout de monture, quelquefois de bête de somme. Ses allures sont le pas et le galop; mais on arrive assez facilement à lui enseigner le trot. Les ambleurs sont

particulièrement recherchés. Au repos, le cheval est entravé par les pieds en plein air, été comme hiver; on l'abreuve une fois par jour et on lui sert généralement une ration unique de 4 à 8 litres d'orge et de la paille en quantité suffisante. Au printemps, on a l'habitude de le mettre au fourrage vert sans le monter pendant quelques semaines. Avec ce régime, il est capable de fournir de très bonnes étapes; on lui demande assez couramment de faire 80 à 100 kilomètres de mauvaise route en une journée : la distance de Casablanca à Rabat, par exemple, ou même celle de Casablanca à Mazagan.

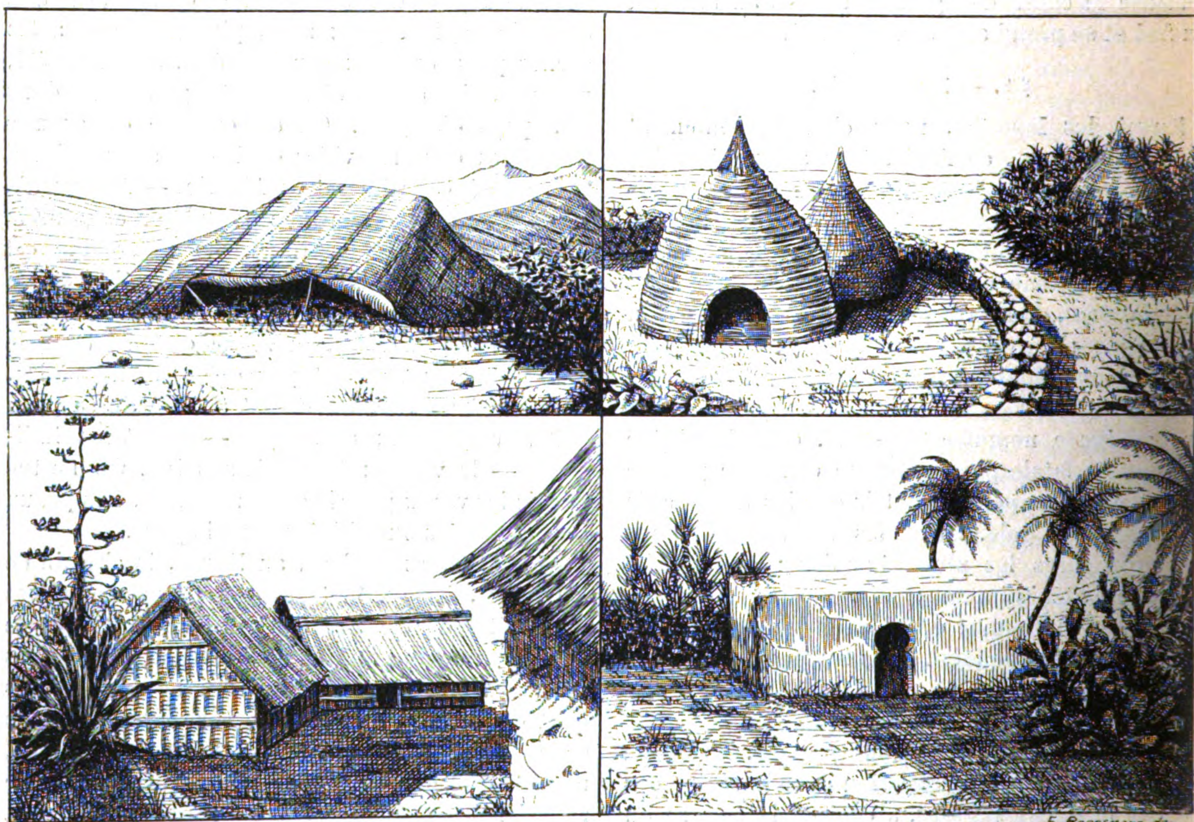


Fig. 2. — *Types d'habitations bédouines*

Le prix d'un *kidar* (cheval de charge) est de 10 à 20 douros; celui d'un cheval de selle ordinaire de 20 à 50 douros, et, au-dessus de ce prix, on a une fort bonne bête. (Dans l'extrême Sud, il existe des chevaux particulièrement rapides, dont on se sert pour la chasse à l'autruche et à la gazelle et que l'on nourrit exclusivement de dattes et de lait de chamelle.)

L'âne est très commun. Il rend, en petit, les services que le chameau rend en grand : il est portefaix et porteur d'eau; il amène les denrées au marché et sert de monture à son propriétaire et, comme ailleurs, il en est récompensé par les traitements les plus barbares.

La mule est le plus répandu des produits hybrides du cheval et de l'âne. Elle sert également de bête de somme, mais surtout pour le transport des menus bagages, dans les déplacements de gens de qualité ou de commerçants. Les indigènes aisés la préfèrent comme monture au cheval. Aussi son prix est-il plus élevé. Une mule de charge se paye de 30 à 50 douros et une belle bête de selle de 50 à 100 et même 200 douros. Les dignitaires du Makhzen se servent presque toujours de mules de prix pour leurs sorties en ville et en voyage. Le sultan, seul, ne se montre jamais en public que monté sur l'animal noble entre tous : le cheval.

IV. — Population.

Nous croyons pouvoir évaluer la population de la région étudiée à environ un million d'âmes : 200.000 dans les villes, kasbas et zâouias, et 20 en moyenne, par kilomètre carré, dans les campagnes. M. Th. Fischer estime la densité de la population des régions agricoles des Chaouia à 30-40 habitants par kilomètre carré. Dans les steppes, elle ne doit guère dépasser, ou même ne pas atteindre 10 habitants par kilomètre.

La population rurale ou bédouine est un mélange intime d'éléments berbères et arabes, avec prédominance probable des premiers et une proportion peu considérable de sang soudanais. Sa langue est

l'arabe maghribin, avec quelques mots espagnols et berbères; sa religion est l'Islâm interprété selon le rite mâlikite, mais se distinguant du mahométisme pur par le culte exagéré voué aux chérifs et autres marabouts. C'est une race vigoureuse et résistante, assez travailleuse, patiente dans l'adversité, âpre au gain et peu scrupuleuse dans le choix de ses moyens, peu véridique et volontiers voleuse, pillarde et homicide. Elle rachète ces derniers défauts par son hospitalité et par certains traits chevaleresques qui la rendent sympathique malgré tout. Le vol et le pillage ne s'exercent généralement qu'au détriment d'ennemis de la tribu ou d'étrangers; ils sont plutôt considérés comme un sport, une preuve de hardiesse et d'adresse, et certaines tribus dédaignent de s'y livrer quand elles ne courent personnellement aucun danger : par une nuit sans lune par exemple.

La population bédouine se divise en tribus (*kabaïl*, au sgl. *kabila*), qui se sudbivisent en fractions (*fkhad*) et en douars (fig. 2 et 3). Plusieurs tribus habitant une même province, même lorsqu'elles diffèrent par leur origine, sont souvent désignées par un nom collectif : les Chaouia, les Doukkala, les Abda, les Rahamma, etc. (fig. 4). C'est ainsi que les Chaouia comprennent les Mediouna, les Oulad Hariz, les Oulad Zyan, les Zenata, les Ziaïda, les Oulad Ali, les Mdakra, les Mzab, les Mzamza, les Oulad Saïd, les Oulad Bouziri, les Oulad Si Ben Daoud, dont les uns, établis dans le pays depuis des siècles, formaient autrefois la province de Tamesna, tandis que les autres sont des immigrés venus beaucoup plus tard.

Ces tribus sont nomades, en ce sens que chaque douar possède un territoire — d'autant plus restreint que la région est plus fertile et plus peuplée — dans les limites duquel il se déplace de temps à autre, suivant les exigences de l'agriculture ou de l'élevage, ou quand un campement est devenu inhabitable par suite de l'accumulation des immondices. — Les agglomérations à noyau sédentaire sont les villes, les kasbas, les zâouias et les gottâs dont nous avons eu l'occasion de parler déjà.



Fig. 3. — *Un douar marocain.*

A la tête de la tribu se trouve le *caïd*, généralement un de ses personnages les plus influents, investi par le sultan après avoir payé une somme qui se monte le plus souvent à plusieurs centaines de mille francs. Il cumule les fonctions de chef militaire des forces armées de la tribu (*caïd*), de gouverneur civil (*âmel*), de collecteur des impôts, de juge, etc.; il nomme son lieutenant (*khalifa*), ses secrétaires, les *chikhs*, qui représentent l'autorité dans les douars et qui lui sont d'habitude proposés par la *jamâ* (le douar réuni en conseil). Sa

résidence habituelle c'est une *kasba*, et ses domestiques et clients lui tiennent lieu de gendarmes. Quelquefois, quand il a été imposé de force à la tribu qu'il doit administrer, le Gouvernement lui fournit une petite garde de troupes montées. — En principe, toutes les tribus du Maroc sont gouvernées ainsi; mais, en réalité, l'autorité des caïds est très variable. Elle est à peine reconnue dans certaines régions, chez les Tedla par exemple, qui obéissent aux chérifs de Bou-Jaâd, ou presque nulle, comme chez les Zaïr et les Beni Khiran, qui ne reconnaissent guère que l'autorité de la jamâ; et nous avons vu combien elle est précaire, même dans les contrées les mieux soumises du *bled el-makhzen*. En règle générale, chaque tribu est gouvernée par un caïd; mais on voit fréquemment un caïd commander à plusieurs tribus, ou des tribus morcelées en plusieurs caïdats.

Dans les villes, le rouage administratif est beaucoup plus compliqué que dans les campagnes : il comprend le *caïd*, gouverneur civil et militaire, qui a aussi quelquefois le titre de *bacha;* le *cadi*, directeur spirituel de la communauté musulmane, interprète de la loi koranique (*cherà*) et, par ce fait, juge; les *adoûl*, ses assesseurs; le *nader*, gérant des biens de l'Église au nom du sultan qui en est le chef; le *mehtseb*, chargé de la police des marchés et des métiers; les *oumana* (sgl. *amîn*), administrateurs des finances, percepteurs des droits de porte, de marché, de douane; les chefs de quartier (*mokaddem el-hoûma*), les chefs de corps de métier (*amîn el-hoûta*), les *moualin-dor*, agents de police ou gardes de nuit, etc.

Au point de vue du nombre, les Bédouins dominent dans toutes les villes de la région étudiée, à l'exception de Rabat. A côté d'eux, on trouve l'élément maure, israélite, nègre et européen.

Les Bédouins sont souvent attirés dans les villes par l'espoir du gain, ou ils s'y réfugient pour échapper aux exactions des caïds ruraux. Ils y forment la petite bourgeoisie et le prolétariat; ils sont artisans, marchands, manœuvres, portefaix, chameliers, etc. Parmi eux vivent un petit nombre de Berbères purs et de nègres affranchis qui se livrent à des occupations analogues.

Les Maures sont le produit des unions des conquérants arabes du Maroc et de l'Espagne avec les peuples de sang ibère, celtique, latin, teuton et berbère qu'ils y trouvèrent, puis avec des Juifs, des Turcs, des captifs ou des renégats chrétiens et des esclaves nègres. Ils constituent la classe dirigeante : intelligente, lettrée, polie, élégante, mais généralement efféminée, indolente, intolérante et corrompue. Ils forment le fond de la population de Rabat, mais ne sont représentés, à Marrakech, Casablanca et Mazagan, que par un certain nombre de fonctionnaires et de négociants.

Les nègres sont nombreux dans les villes, surtout à Marrakech, où se tient un important marché d'esclaves. Ce sont généralement des Bambara amenés

F. Borremans. Sc.

Fig. 4. — *Tribus habitant le territoire compris entre Rabat, Mazagan et Marrakech.*

de Tombouctou par les caravanes ou nés dans le pays. La traite décline depuis l'occupation du Soudan. Le sort de l'esclave, au Maroc, est infiniment préférable à celui des nègres qui travaillaient dans

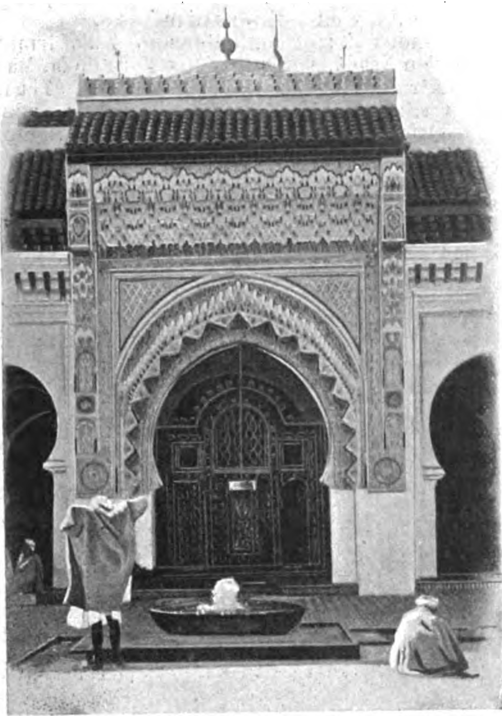


Fig. 5. — *Cour d'une maison à Fez.*

les plantations et des coolies qui y ont pris leur place. Bien nourri, vêtu, traité avec douceur et presque en membre de la famille, il ne regrette nullement sa liberté. S'il est maltraité, il a recours à la loi qui lui permet de demander à être revendu.

Les Israélites, dont nous évaluons le nombre total à au moins 30.000, dans les villes de Marrakech, Rabat, Casablanca, Azemmour, Mazagan et dans les kasbas, descendent des Juifs établis au Maroc dès le IXe siècle et de ceux qui furent expulsés de l'Espagne et du Portugal au XVe siècle. Dans les villes de la côte, beaucoup d'entre eux parlent l'espagnol; dans l'intérieur, ils parlent l'arabe, qu'ils écrivent en caractères hébreux. Grâce aux écoles de l'Alliance Israélite, dans lesquelles on travaille aussi à leur relèvement moral, les jeunes générations commencent à savoir le français. Ils sont artisans, commerçants, courtiers et souvent usuriers. Ils n'ont jamais été persécutés ni martyrisés, au Maroc, comme dans l'Europe chrétienne; ils y sont même moins exploités que les sujets musulmans et, dans les ports, grâce à la présence des consuls européens, ils se sont presque complètement émancipés. Mais, dans les villes de l'intérieur, ils sont encore l'objet d'une foule de mesures et de traitements humiliants, qui n'ont pas été sans exercer une influence avilissante sur leur caractère. Intelligents, tenaces, très doués pour le commerce, accessibles à la civilisation européenne, ils sont méfiants, astucieux, peu scrupuleux, obséquieux et deviennent trop facilement arrogants, dès que — par des moyens plus ou moins légaux — ils ont acquis la nationalité de quelque république transatlantique ou qu'ils ont troqué le cafetan et la calotte noire contre un complet européen. Ils bénéficient ainsi du prestige européen, qu'ils amoindrissent trop souvent par leur manque de tact et de probité commerciale. Nous devons à la vérité de dire que, parmi les Européens, il s'en trouve assez qui ne le leur cèdent en rien sous ce rapport.

Les Européens sont un millier, environ, dans les villes de Casablanca, Mazagan et Rabat; quelques-uns sont établis à Marrakech. Les Espagnols forment le contingent le plus important de cette colonie. Après eux viennent les sujets britanniques, négociants originaires de la Grande-Bretagne ou

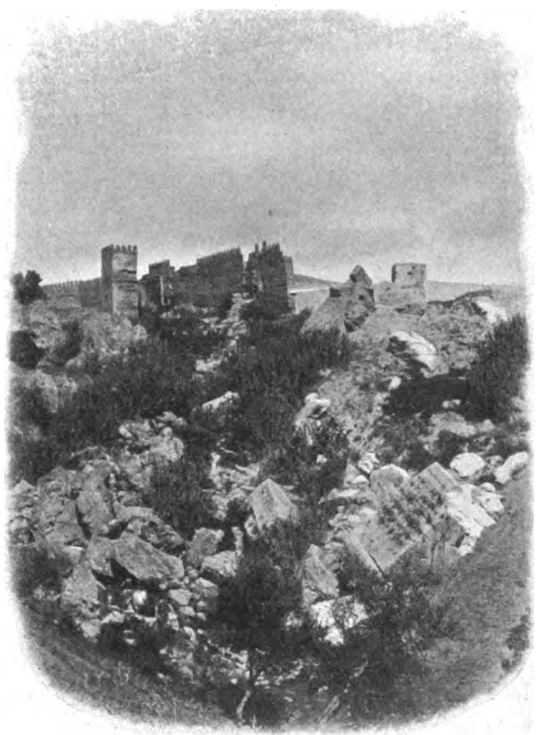


Fig. 6. — *Partie de l'enceinte de Fez.*

de Gibraltar. Suivent les Allemands et les Français, avec de petites colonies d'environ 50 et 40 membres, dont l'une augmente sans cesse, tandis que l'autre tend à diminuer; puis l'Italie, le Portugal, etc., représentés par des groupes moins importants.

Dr F. Weisgerber.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Maupin (G.). — **Opinions et curiosités touchant la Mathématique** (2ᵉ *série*). — 1 *vol. in-8°, de* 332 *pages.* (*Prix* : 5 *fr.*) *C. Naud, éditeur. Paris,* 1902.

Ainsi que le montre l'indication « 2ᵉ série », cet ouvrage a été précédé d'un volume publié sous le même titre en 1898. La nouvelle publication se divise en deux parties. La seconde, dont nous parlerons tout d'abord, est intitulée : « Etude sur les annotations jointes par Albert Girard Samiélois aux œuvres mathématiques de Simon Stevin de Bruges ». Elle constitue une contribution intéressante à l'histoire des Mathématiques au XVIIᵉ siècle, bien qu'on n'y rencontre aucune découverte inédite; mais plus d'un lecteur sera ainsi satisfait de trouver sous la main ce qui lui eût coûté de pénibles recherches dans les bibliothèques. Avec une modestie peut-être excessive, M. Maupin s'est borné à quelques observations sommaires, et il s'est surtout attaché à reproduire les textes. Il y a lieu de remarquer cependant sa consciencieuse étude de l'emploi que fait Albert Girard des fractions continues. Ce qui surprendra et intéressera surtout, c'est l'abondance des sujets abordés, soit par Stevin, dans ses quatre volumes, soit par son commentateur, Albert Girard, en même temps que la pauvreté, la barbarie même des notations, malgré laquelle ces puissants esprits ne craignaient pas d'aborder de hautes difficultés, et contribuaient à l'avancement de la science.

L'Arithmétique, la philosophie du nombre (largement imprégnée de scolastique), les méthodes algébriques, l'application de l'Algèbre à des questions de Géométrie, la Trigonométrie, l'Astronomie, la Géométrie, de nombreuses questions de Mécanique, tels sont les sujets examinés par Stevin dans ses quatre volumes, et commentés par Albert Girard.

Quant aux vingt chapitres qui composent la première partie, ils s'appliquent à des auteurs s'échelonnant depuis 1557 jusqu'à nos jours. On ne saurait attendre ici une analyse détaillée de ces fragments divers, présentant tous un caractère original ou curieux. La reproduction de la table des matières serait sans aucun intérêt, et l'examen sommaire des questions conduirait à écrire un résumé du volume, comparable en étendue au volume lui-même. Mieux vaut, ce me semble, me borner à un petit nombre d'indications pouvant faire comprendre l'attrait de l'ouvrage de M. Maupin. On y apprendra, par exemple, qu'en 1855, un « mathématicien naturel » (visible tous les jours de midi à 10 heures du soir) découvrait que $\pi = \frac{25}{8}$; qu'en 1852, deux autres quadrateurs, Polonais habitant les Batignolles, démontraient en six pages, par l'union de leurs efforts, que le nombre π est égal à $\frac{16}{5}$; que le 11 août 1835, Arago, à la Chambre des Députés, essayait de faire entrer quelques notions du Calcul des probabilités dans les têtes parlementaires, et obtenait comme résultat des « Oh ! Oh ! », des « Rires » et un « Mais ce n'est pas cela » de M. Madier de Montjau ; à quoi l'illustre orateur se voyait forcé de répondre que la dénégation avait juste la même importance que si M. Madier de Montjau eût nié la valeur de la parallaxe du Soleil. Quand on constate de telles énormités, si près de nous, on est moins tenté de sourire du sieur Jean Pierre de Mesmes, en 1557, se contentant « des raisons naturelles et de la commune opinion pour démonstrer que la terre est arrestée au milieu de l'air » ; ou de Pedro Medina (1618) établissant qu'il y a « quatre éléments ; et pour quelle cause il n'y en a ni plus ni moins ».

Bornons-nous là ; et contentons-nous d'affirmer au lecteur qu'en lisant le très curieux livre de M. Maupin il reconnaîtra la trace du génie scientifique, et la marque de la sottise prétentieuse, à toutes les époques. Nous n'oserions affirmer que, même au vingtième siècle, cette marque soit absolument effacée.

C.-A. Laisant,
Examinateur à l'Ecole Polytechnique.

Rost (G.). — **Theorie der Riemann'schen Theta functionen.** — 1 *broch. gr. in-4°, de* 66 *pages. Teubner, éditeur. Leipzig,* 1903.

Cet opuscule apporte une intéressante contribution à la théorie des fonctions Théta de Jacobi. L'auteur rappelle d'abord quelques propriétés de la théorie des fonctions algébriques sur une surface T, en se bornant aux éléments essentiels dont il a besoin pour son exposé. Puis il présente la théorie des fonctions Théta. Son étude se rattache directement aux travaux fondamentaux de Riemann. Les compléments nouveaux qu'il renferme ont été obtenus en envisageant la possibilité de la présence de systèmes de points ayant un caractère spécial.

2° Sciences physiques

Société industrielle de Mulhouse. — Histoire documentaire de l'Industrie de Mulhouse et de ses environs au XIXᵉ siècle. — 2 *grands volumes avec* 261 *illustrations dans le texte,* 46 *planches et cartes en phototypie hors texte. Veuve Bader et Cⁱᵉ. Mulhouse,* 1902.

Comme son nom l'indique, cette histoire, attachante et suggestive entre toutes, contient, étape par étape, tous les événements qui ont marqué l'évolution, aussi bien industrielle et commerciale que scientifique et artistique, dont Mulhouse et ses environs immédiats ont été le théâtre pendant cette période si active qui s'est écoulée entre l'annexion à la France, annexion librement voulue par la cité et votée à l'unanimité de ses habitants en 1798, et l'époque actuelle. Il est peu de régions en Europe qui puissent s'enorgueillir de créations aussi heureuses et aussi fécondes, ainsi que de résultats aussi brillants, dans un laps de temps aussi court qu'est un siècle dans l'histoire de l'humanité.

C'est que, à travers toutes les vicissitudes et toutes les difficultés que suscite une lutte journalière, Mulhouse a su garder intact cet esprit d'indépendance, voire même de fronderie, qu'elle tenait jadis de sa condition de ville libre et de sa longue alliance avec la Confédération helvétique.

Si l'on y ajoute ce trait essentiel du caractère alsacien, qui est fait de volonté tenace et d'initiative, on ne saurait être surpris du développement, et en même temps du degré de perfection, auxquels sont arrivés l'industrie et le commerce du Haut-Rhin.

Dans les deux beaux volumes consacrés à l'Histoire documentaire, les auteurs nous donnent d'abord un aperçu sur l'histoire municipale de Mulhouse, sur son administration, ses écoles, ses temples et ses églises et l'ensemble de monuments, d'édifices et d'organismes dépendant de toute commune bien constituée. Un chapitre spécial est consacré à la Société industrielle, véritable foyer scientifique destiné à concentrer toute la production intellectuelle de la région, pour la propager ensuite de par le monde, grâce au Bulletin que publie mensuellement la Société.

Le premier volume contient, en outre, l'histoire, l'origine et la description des différentes industries qui se sont successivement établies dans la Cité et les environs, ainsi que la part qui revient aux enfants d'Alsace dans les progrès ininterrompus qui ont été accomplis au cours du siècle dans chaque branche de l'activité régionale. Il nous apprend que c'est l'industrie des toiles peintes qui fut, en quelque sorte, l'origine de l'industrie cotonnière en Alsace, et que c'est elle qui a provoqué la création et qui a fait réussir d'autres industries, comme la construction des machines, la fabrication des produits chimiques, qui lui sont forcément liées.

La peinture ou l'impression des tissus semble avoir existé de tout temps; mais c'est au XVIIe siècle qu'elle s'est réellement développée en Europe. Au commencement de cette période, il y avait grande rivalité entre Marseille, qui paraît avoir été le berceau de la fabrication des toiles peintes en France, et les villes italiennes de la Méditerranée : Gênes, Venise, Milan, etc., qui centralisaient le commerce des marchandises du Levant et y portaient en échange leurs propres produits. « Les *indiennes* d'Orient avaient un grand succès et étaient devenues la mode du jour. Molière en revêt son *Bourgeois gentilhomme* représenté en 1670. »

On ne tarda pas à contrefaire en France les toiles peintes de la Perse, des Indes; d'où la dénomination des articles : *Surates*, *Patnas*, etc., du nom des villes de ces contrées. Cette industrie a laissé des traces surtout dans le Midi et en Normandie, depuis la création de la Compagnie des Indes orientales de Rouen en 1664.

Mais le commerce des indiennes, tant fabriquées dans le pays qu'importées du Levant, était vu d'un mauvais œil par le Gouvernement français, qui redoutait cette concurrence faite aux tissus de laine indigènes. La révocation de l'Edit de Nantes vint, de plus, donner un coup funeste à l'industrie des toiles peintes, qui, comme beaucoup d'autres, se trouvait, en grande partie, entre les mains des protestants. Aussi émigrat-elle à l'Etranger, notamment en Suisse, d'où elle rayonna en Allemagne, en Hollande et en Angleterre.

C'est vers le milieu du XVIIIe siècle, en 1746, que fut fondée à Mulhouse la première fabrique pour l'impression des tissus, sous la raison sociale Kœchlin, Schmaltzer et Cie, grâce à l'initiative entreprenante de Schmaltzer. La maison s'associa, en outre, Jean-Henri Dollfus comme peintre, et Schmaltzer fit venir, pour monter la fabrication, un certain nombre d'ouvriers de Neufchâtel, de Bâle, de Genève en Suisse, où cette industrie était déjà arrivée à un certain degré de perfection.

L'initiative de ces premiers pionniers de l'Industrie alsacienne en suscita d'autres, de sorte que le nombre d'établissements similaires augmenta rapidement. La société Kœchlin, Schmaltzer et Cie ne dura même que peu de temps, car, au bout de quelques années, tous les associés se séparèrent pour former autant de maisons particulières. En 1768, c'est-à-dire vingt-deux ans après, on comptait quinze manufactures d'indiennes, outre quelques succursales établies dans les vallées des Vosges alsaciennes. Il nous est impossible, à notre grand regret, de donner même un aperçu des conséquences qu'eut, pour Mulhouse et toute la Haute-Alsace, la fondation de ces premiers établissements. Comme nous le disions plus haut, elle a eu d'abord pour résultat de provoquer la création de filatures et de tissages de coton, laine et soie, d'ateliers de constructions mécaniques, d'usines de produits chimiques de toute nature, de fabriques de papiers peints et enfin de diverses autres industries comme des papeteries, des tanneries, des imprimeries, des brasseries, des ateliers de photographie, parmi lesquels ceux de la maison Braun, de Dornach, sont universellement connus. Par le sentiment exquis qu'elle a des nuances, par l'heureux choix de ses dessins et de ses coloris, par le fini de son exécution, l'industrie des toiles peintes est, d'autre part, arrivée à un degré de perfection tel qu'aucun autre centre industriel du monde ne peut rivaliser avec elle.

Et, qu'on ne s'y méprenne pas, cet affinement du goût, cette ingéniosité dans la création, cette sûreté dans la technique ne sont pas uniquement le fruit d'une longue pratique et d'observations souvent renouvelées, mais elles ont aussi pour base une connaissance profonde des arts et sciences, dont la haute culture n'est pas un des moindres soucis des industriels de Mulhouse. Bien avant d'autres régions et sans aucune intervention de Pouvoirs publics quelconques, la grande cité manufacturière a eu son *Ecole supérieure des Sciences appliquées*, son *Ecole professionnelle*, ses *Ecoles techniques de Tissage, de Filature, de Chimie, de Dessin et de Gravure*, son *Ecole supérieure de Commerce*, où les divers compartiments de la science et des arts, avant d'être envisagés au point de vue de leur utilité, étaient enseignés dans cet esprit large et élevé qui seul doit préluder à l'étude des applications.

Aussi, à l'inverse de ce qui s'est produit il y a cent cinquante ans, Mulhouse fait à son tour école, et les chimistes, les coloristes, les mécaniciens et les techniciens de tout ordre qu'elle forme sont recherchés et appréciés du monde entier.

Nous ne saurions terminer ce trop court exposé sans signaler encore la part qu'a prise l'Industrie de Mulhouse à l'amélioration des conditions économiques et sociales de l'ouvrier. Les institutions d'utilité publique et les fondations diverses dues à la *Société industrielle* sont, en effet, nombreuses. Sans revenir sur les Ecoles proprement dites, où l'instruction est donnée à tous les degrés, il convient cependant de citer certaines créations qui en constituent le prolongement et le corollaire. Il en est ainsi des ouvroirs, des Ecoles de cuisine, des divers Musées : *Musée historique, Musée des Beaux-arts et des Arts décoratifs, Musées de Dessin industriel, d'Histoire naturelle, technologique*. Dans l'ordre économique et social, création de sociétés coopératives de consommation, de sociétés laitières, de laboratoires d'analyses, de cités ouvrières, de caisses de secours et de retraite, de société d'encouragement à l'épargne, d'orphelinats, d'asiles, d'hôpitaux, etc.

En un mot, tout a été tenté et essayé pour contribuer à l'amélioration, tant matérielle qu'intellectuelle et morale, du sort de la classe ouvrière.

A. HALLER,
de l'Académie des Sciences,
Professeur de Chimie organique
à la Faculté des Sciences de Paris.

3° Sciences naturelles

Kerforne (F.). — Etude de la région silurique occidentale de la presqu'île de Crozon (Finistère). — *1 vol. in-8° de 334 pages avec 29 figures dans le texte et 1 carte (Thèse de doctorat de la Faculté des Sciences de Paris). Simon, éditeur. Rennes,* 1902.

Sous ce titre modeste, la thèse de M. Kerforne dépasse les bornes d'une simple monographie géologique de la région, si intéressante d'ailleurs, de la presqu'île de Crozon. Si la description de la succession des assises siluriennes, de leur agencement et de leur faune occupe une large part dans ce travail, on y trouvera aussi une vue d'ensemble sur les conditions de dépôt du Silurien du Massif Breton qui sera consultée avec fruit.

La région étudiée par M. Kerforne se prêtait d'une façon toute spéciale à l'analyse minutieuse des assises siluriennes par le grand développement des affleurements littoraux, qui permettent de suivre avec précision la succession des couches et leur disposition, et par la fréquence relative des affleurements fossilifères. Favorisées par ce concours de circonstances, les conclusions de M. Kerforne, que des études antérieures avaient bien préparé à ce travail, pourront servir de base aux assimilations futures dans le reste du Massif

armoricain. Un des chapitres les plus intéressants est celui qui est relatif au Gothlandien (Silurien supérieur); pour la première fois, on a pu reconnaître dans les couches des caractères très uniformes qui représentent cet étage dans le Massif armoricain, une succession de faunes graptolithiques parallélisées avec les zones classiques d'Angleterre et de Scandinavie, et établir que le Gothlandien est représenté dans son entier dans l'ouest de la France. Un appendice paléontologique contient l'énumération critique des espèces siluriennes recueillies dans la presqu'île. Ce travail serait parfait si l'auteur n'avait trop de tendances à être sévère pour les travaux des devanciers, mais c'est là péché de jeunesse auquel l'expérience apportera remède.

A. Bigot,
Professeur de Géologie et de Paléontologie à l'Université de Caen.

Négris (Ph.), *Ancien élève des Ecoles Polytechnique et des Mines.* — **Plissements et dislocations de l'écorce terrestre en Grèce. Leurs rapports avec les phénomènes glaciaires et les effondrements dans l'Océan Atlantique.** — 1 *vol. in*-8. *Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1902.

L'auteur, dans la première partie de son livre, recherche, au milieu du morcellement des chaînes de montagnes effondrées, à reconstituer ces chaînes et il retrouve ainsi en Grèce cinq plissements, définis par leur époque et leur orientation. Ce sont :

Le plissement	Olympique,	de direction	NO, précrétacé;
—	Pentélique,	—	NE, postcrétacé et préécocène;
—	Archaïque,	—	ONO, éocène;
—	Pindique,	—	NNO, miocène;
—	du Ténare,	—	NS, pliocène.

A ces plissements, l'auteur rattache trois dislocations :

La dislocation	Lauriotique,	de direction	NNE;
—	Corinthienne,	—	ENE;
—	Argolique,	—	EO;

subordonnées aux plissements qui leur sont normaux.

Dans cette même partie de l'ouvrage, l'auteur montre que les divers plissements se sont succédé de manière que les plis antérieurs ont servi de horsts ou môles, qui ont dévié les plis postérieurs et ont ainsi produit les arcs qui ont été jusqu'à présent considérés à tort comme plissements suivant des lignes directrices courbes.

Dans la 2e partie de l'ouvrage, l'auteur fait voir que le plissement du Ténare se présente comme un phénomène beaucoup plus général; il a surélevé l'Europe, l'Afrique, les deux Amériques et les continents qui s'étendaient à l'Est de ces dernières : ce sont les Atlantides. C'est cette surélévation qui aurait amené d'abord le creusement des vallées, puis, plus tard, les phénomènes glaciaires.

La Géologie permettant de fixer des dates à ces phénomènes, l'auteur a pu conclure que l'effondrement de l'Atlantide du Sud date de 10.000 ans environ; il établit ainsi une coïncidence remarquable avec les nombres relatés par Platon dans ses dialogues sur l'Atlantide. Cette coïncidence et quelques autres circonstances amènent l'auteur à avancer que le mythe de Platon pourrait bien être une réalité.

Lemstrom (Selim), *Professeur de Physique à l'Université d'Helsingfors.* — **De l'influence de l'électricité sur la végétation. Accroissement des récoltes.** (*Traduit avec la collaboration de l'auteur par* Paul van Bierwliet, *Ingénieur agricole*). — 1 *brochure de* 47 *pages, avec* 5 *figures.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *A. Uystpruyst, éditeur, Louvain; Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1902.

Péchoutre (F.), *Docteur en Médecine, Professeur au Lycée Buffon.* — **Contribution à l'étude du développement de l'ovule et de la graine des Rosacées.** (*Thèse pour le Doctorat es sciences naturelles de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.*) — 1 *fascicule in*-8° *de* 158 *pages avec* 166 *figures dans le texte. Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1902.

La famille des Rosacées présente, au point de vue de l'organisation de l'ovule et de la graine, des variations importantes dans le développement des téguments ovulaires et la contribution diverse de ces téguments à la constitution de l'enveloppe séminale, ainsi que dans la persistance d'un albumen plus ou moins abondant.

Ces variations étaient restées jusqu'ici sans interprétation; de même, les particularités morphologiques telles que la présence d'un obturateur, d'une coiffe nucellaire, de plusieurs assises sous-épidermiques et de plusieurs sacs embryonnaires, enfin la possibilité de cellules anticlines et l'existence d'un suspenseur, n'avaient été décrites que dans un petit nombre de genres et il était intéressant d'en faire une étude systématique.

Ce sont ces divers points que M. F. Péchoutre s'est proposé d'étudier en suivant pas à pas le développement de l'ovule chez un grand nombre d'espèces. Son travail, très documenté, témoigne d'un esprit d'observation sagace; il est rédigé en un style clair et concis, dont la compréhension est singulièrement facilitée par le grand nombre de figures que l'auteur a toujours judicieusement choisies.

Dans la famille des Rosacées, comme dans quelques familles voisines à ovules dichlamydés (Crucifères, Renonculacées), on rencontre, à côté de genres dont l'ovule possède deux téguments, d'autres genres dont l'ovule ne paraît avoir qu'un seul tégument. D'après Baillon, les ovules des Rosacées indigènes seraient tous unitégumentés, à l'exception des Pirées et des Amygdalées. Or, l'étude du développement conduit à des conclusions opposées. Le tégument, en apparence unique, des ovules réputés monochlamydés résulte de la concrescence de deux téguments, due à l'apparition en des points très voisins des cellules initiales respectives (épidermique et sous-épidermique) des deux téguments. Ces derniers croissent simultanément, mais restent parfaitement distincts dans les premiers stades de leur développement.

On ne trouve d'exception à cette règle que dans les genres *Geum*, *Potentilla*, *Fragaria* et *Alchemilla*, chez lesquels le tégument interne avorte.

Dans l'enveloppe de la graine, on retrouve presque toujours des vestiges du tégument interne, mais le rôle protecteur est dévolu au seul tégument externe. L'albumen est toujours plus ou moins abondant.

Le développement du nucelle se présente chez toutes les Rosacées avec les mêmes caractères généraux et il est conforme au type décrit par Strasburger chez la *Rosa livida*.

Le processus est toujours identique : plusieurs cellules axiles sous-épidermiques se différencient et se cloisonnent chacune pour donner une cellule de la calotte et une cellule-mère primordiale du sac embryonnaire. La première donne à son tour une calotte transitoire, et la seconde, dans chaque rangée et par de nouvelles divisions, produit plusieurs cellules-mères du sac embryonnaire. C'est aux dépens de l'une quelconque de ces dernières, et encore dans chaque rangée, que se différencie le sac embryonnaire; d'où présence fréquente d'anticlines. Plusieurs sacs embryonnaires peuvent arriver à maturité, mais il n'en est jamais qu'un seul qui soit fécondé : la polyembryonie des *Sorbus* est due à la coalescence de deux ovules voisins.

L'embryon est toujours pourvu d'un suspenseur massif ou filamenteux et entouré au début d'un albumen abondant. La résorption de cet albumen est très inégale et le nombre d'assises de ce tissu dans la

graine adulte peut varier de vingt à une seule. Les Rosacées ne sont pas des plantes à graines exalbuminées, mais bien des espèces à albumen peu abondant. Dans les graines où l'albumen est le mieux développé (*Rhodotypus*), l'assise la plus extérieure se présente toujours avec les caractères assignés par M. Guignard à l'assise protéique.

Tels sont, dans leur ensemble et brièvement résumés, les résultats acquis à la science par les patientes et minutieuses recherches de M. Péchoutre. Ils éclairent d'un jour tout nouveau l'histoire du développement des ovules et des graines de plantes appartenant à l'une des familles les plus importantes du règne végétal.

EMILE PERROT,
Professeur à l'Ecole de Pharmacie de Paris.

Calkins (Gary N.). — **The Protozoa.** — 1 *vol. in-8° de 347 pages avec 152 fig. The Macmillan Cy, éditeur. New-York*, 1902.

Le livre de M. Calkins n'est pas à proprement parler un traité classique pour des étudiants; c'est plutôt, dans l'intention de l'auteur, une mise au point des récentes découvertes concernant les Protozoaires, à l'usage des biologistes et des micrographes. Le sujet est traité sous trois points de vue différents : 1° historique, de Leuwenhoek à Maupas, très intéressant et montrant bien en quelques pages le progrès de nos connaissances; 2° comparatif, renfermant cinq chapitres, un pour le groupe considéré comme une unité, les autres pour les classes principales, étudiées monographiquement, d'une façon assez incomplète, il faut le dire; 3° général, renfermant trois chapitres, un pour les phénomènes de la dégénérescence sénile et le rajeunissement par l'union de deux individus, si importants pour la compréhension de la reproduction sexuelle des Métazoaires; un deuxième chapitre traitant des structures spéciales des noyaux et centrosomes des Protozoaires; enfin un troisième, consacré à une physiologie des Protozoaires considérés comme des organismes présentant les phénomènes de coordination et d'adaptation, qui ont paru échapper si longtemps à l'analyse physico-chimique (digestion intracellulaire, respiration, sécrétion et excrétion, irritabilité).

Au point de vue de la méthode, assurément ce n'est pas le livre d'un Latin; nous recherchons avant tout l'ordonnance logique et la concision, tandis que la méthode adoptée par M. Calkins nécessite forcément des répétitions : ainsi, il y a une page consacrée aux noyaux dans l'étude générale des Protozoaires, puis des paragraphes dans chaque groupe, et plus loin encore neuf pages sur le même sujet, avec naturellement les mêmes figures; de même, la reproduction est étudiée trois fois, d'abord dans l'étude générale, puis ensuite dans chaque groupe en particulier, et enfin dans le chapitre d'ensemble intitulé : Phénomènes sexuels des Protozoaires.

Deux chapitres auraient pu être du plus haut intérêt: la « comparaison des phénomènes sexuels chez les Protozoaires » et la « morphologie du noyau et des centres cinétiques », sont assurément des sujets de grande importance en Biologie et qui sont rarement traités d'une façon comparative. Mais, là encore, le livre de M. Calkins n'est pas tout à fait satisfaisant; il ne donne de ce que l'on sait qu'une idée générale, succincte et peu approfondie; pour les phénomènes sexuels en particulier, il me paraît difficile, chez les Protozoaires tout au moins, de les étudier à part; ils font partie intégrante du cycle de chaque forme, et il serait assurément plus fécond de comparer les cycles connus que de comparer les phénomènes sexuels artificiellement isolés; c'est, du reste, un sujet très vaste, très difficile, exigeant de nombreuses figures, et qui ne s'accommode pas de la brièveté.

La bibliographie qui termine le livre n'est pas très complète et a plutôt la valeur d'un index des auteurs cités. Les figures sont nombreuses et beaucoup sont originales, copiées d'après les préparations de M. Calkins; je relèverai à ce propos une erreur, de minime importance d'ailleurs : la figure 31 B représente une association de *Gregarina*, et non pas le *Monocystis agilis*, comme l'indique la légende.

Malgré ces critiques, je pense que le livre de M. Calkins pourra rendre des services à ceux qui désireraient se mettre au courant de ce qui a été fait sur les Protozoaires jusqu'en 1901, surtout au point de vue cytologique et physiologique.

L. CUÉNOT,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Sciences médicales

Faelli (Dr Ferruccio), *Professeur à l'Ecole Supérieure vétérinaire de Turin.* — **Trattato d'Igiene veterinaria.** — 1 *vol. in-8° de* 628 *pages avec* 276 *grav. Societa Editrice Libraria. Milan*, 1903.

C'est un ouvrage d'allures tout à fait modernes que le « Traité d'hygiène vétérinaire » du Professeur Faelli. L'auteur a certainement pris pour guides et pour conseils les meilleurs traités d'Hygiène publiés dans ces dernières années, tant en Italie qu'en France et en Allemagne, et il a su rassembler en un faisceau solidement constitué toutes les notions qui lui ont paru propres à assurer la conservation de la santé des animaux.

L'ordre général des matières ne diffère pas sensiblement de ce qu'on trouve d'ordinaire dans les ouvrages de même nature; mais chacun des sujets particuliers est traité avec ampleur, parfois même avec un véritable luxe de documentation.

Les premiers chapitres sont consacrés à l'étude du sol, de l'eau et de l'air, de leurs modifications physiques et chimiques, des microorganismes qu'ils peuvent renfermer, de leur influence sur l'organisme. Les détails scientifiques fournis sur ces divers points pourront paraître quelque peu excessifs, car il ne faut pas oublier que l'hygiène des animaux est toute relative, qu'elle est liée étroitement à leur exploitation économique, et que celle-ci exclut toute intervention d'un caractère insuffisamment pratique.

Nous avons à citer ensuite deux parties qui sont l'œuvre de M. Maccagno, assistant de M. Faelli. D'abord la question des harnais, traitée en toute connaissance de cause, l'auteur insistant avec raison sur le rôle qu'ils jouent dans la propagation des maladies. Puis celle des habitations, non moins sérieusement étudiée, tant au point de vue général (exposition, éclairage, aération, matériaux de construction, etc.) qu'à l'égard des conditions requises par les diverses espèces animales considérées en particulier. A noter simplement les passages relatifs à la désinfection et aux désinfectants, au pansage, au tondage, aux bains, aux frictions et, en général, à la toilette du cheval.

Mais le morceau de résistance est représenté par le dernier chapitre, qui traite de l'alimentation, et occupe le tiers du volume. Il s'agit, en effet, d'une grosse question, sur laquelle se portent actuellement les efforts des physiologistes et des zootechniciens comme ceux des industriels et des agriculteurs. L'auteur l'a envisagée sous ses divers aspects théoriques et pratiques, et cet exposé paraît bien être de nature à satisfaire entièrement le lecteur.

Pour résumer d'un mot ces brèves indications, nous constaterons que l'ouvrage de M. Faelli fait honneur à la littérature scientifique italienne, qui, jusqu'à présent, n'avait certes produit dans cette partie aucun travail d'une telle envergure. L'abondance des données scientifiques, à laquelle nous avons fait allusion, ne saurait même lui être imputée à grief, car un livre de cette nature n'est pas seulement destiné aux praticiens de l'agriculture et de l'économie rurale : il s'adresse aussi, et tout particulièrement, aux étudiants des écoles vétérinaires, pour qui la forme scientifique de la documentation est à coup sûr la plus assimilable.

A. RAILLIET,
Membre de l'Académie de Médecine,
Professeur d'Histoire naturelle à l'Ecole d'Alfort.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 14 Avril 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Em. Picard** communique ses recherches sur certaines surfaces algébriques pour lesquelles les intégrales de différentielles totales se ramènent à des combinaisons algébrico-logarithmiques. — M. **E. Vallier** montre qu'il y a avantage, en Mécanique, avant d'entreprendre la discussion analytique d'une équation différentielle du second ordre à coefficients constants, à examiner la surface qu'elle représente par transformation et, si possible, la courbe des forces vives correspondante.

2° Sciences physiques. — M. **J. Semenow** a observé que les gaz et les vapeurs traversés par une étincelle sont projetés autour de celle-ci dans toutes les directions, grâce à l'élévation brusque de la température. Lorsqu'une étincelle traverse une flamme fine, placée entre deux électrodes métalliques, les vapeurs métalliques qui se produisent sur ces deux électrodes, au lieu de se diriger sur l'électrode opposée, sont entraînées par la flamme, si bien que la région médiane de l'étincelle en est dépourvue. — M. **Edm. van Aubel** a constaté que les corps radio-actifs agissent sur le sélénium comme la lumière ou les rayons de Röntgen; mais l'influence se fait sentir beaucoup plus lentement. — M. **G. Meslin** a reconnu que le dichroïsme magnétique et électrique de certains liquides peut changer de signe suivant la nature des solides qu'on lui ajoute. Ainsi le dichroïsme du sulfure de carbone est positif avec addition de roccelline, d'hélianthine ou de sulfate de cuivre, négatif avec le bichromate de potasse. — M. **Lortet** a observé en Egypte la production d'un ronflement sonore émis par une masse de sable s'écoulant le long d'une pente raide. — MM. **P. Sabatier** et **J.-B. Senderens** ont reconnu que le cuivre réduit est de beaucoup préférable au nickel, au cobalt et au platine pour réaliser pratiquement le dédoublement des alcools primaires forméniques en hydrogène et aldéhydes correspondantes. Son emploi constitue en réalité une méthode de préparation avantageuse de ces dernières. — M. **Balland** indique la composition des principales Légumineuses alimentaires des colonies françaises : arachide, cajan, doliques, haricots ordinaire, courbé et mungo, soja.

3° Sciences naturelles. — MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** ont étudié de nombreux mourants au point de vue physiologique. La mort a lieu par étapes. On assiste d'abord à l'épuisement de la conscience et des phénomènes psychophysiologiques qui constituent la personnalité; puis vient l'agonie du bulbe; la troisième étape est la mort du cœur.

Séance du 20 Avril 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Vallier** a pu ramener, dans un certain nombre de cas, l'intégration d'une équation différentielle du second ordre à coefficients constants à l'intégration d'une équation du premier degré et du premier ordre, suivie d'une quadrature pour l'évaluation du temps. — M. **G. Tzitzéica** montre que la nouvelle transformation des surfaces à courbure totale constante de M. Guichard se décompose en deux séries distinctes de solutions, chacune de ces séries étant celle que l'on obtient à l'aide de la transformation de Bianchi-Backlund. — M. **G. Remoundos** communique une généralisation intéressante du théorème fondamental de M. Picard sur les fonctions entières. — M. **O. Callandreau** a distribué les éléments des petites planètes en un tableau en prenant la distance aphélie comme argument. Dans ce tableau, les distances aphélies se répartissent symétriquement autour de leur moyenne, de même que les erreurs accidentelles; les excentricités augmentent assez régulièrement. — M. **Montangerand** a photographié la Lune pendant l'éclipse du 11 avril à l'Observatoire de Toulouse. Sur ses clichés, le contour de la Lune caché dans l'ombre est visible et l'obtention de son image est due principalement à la proximité, à ce moment, de la région des rayons réfractés rougeâtres. — M. **R. Mailhat** présente des clichés de la même éclipse.

2° Sciences physiques. — MM. **V. Crémieu** et **H. Pender**, après avoir trouvé la cause des résultats contradictoires auxquels ils sont arrivés séparément dans l'étude de la convection électrique, concluent d'expériences communes que : des surfaces métalliques chargées, continues ou divisées en secteurs, et tournant dans l'air, dans leur propre plan, produisent des effets magnétiques dans le sens prévu pour la convection électrique et s'accordant à 10 °/₀ près avec l'ordre de grandeur calculé pour la convection. — MM. **Ch. Eug. Guye** et **B. Herzfeld** ont reconnu que la puissance consommée par hystérésis dans un cycle d'aimantation est bien indépendante de la vitesse avec laquelle le cycle est parcouru. On peut le constater expérimentalement jusqu'aux environs de 1.200 périodes à la seconde. — M. **Ch. Nordmann** a constaté que la susceptibilité magnétique de l'air atmosphérique diminue à mesure qu'on s'élève. Dans ces conditions, l'influence des propriétés magnétiques de l'atmosphère sur le champ terrestre est d'ordre absolument infime. — M. **B. Eginitis** a étudié les phénomènes lumineux des étincelles. Tout ce qui augmente la température des pôles diminue l'intensité lumineuse de l'auréole. — M. **D. Negreano** décrit un procédé de séparation électrique des poudres métalliques de la matière inerte et de la partie métallique d'un minerai de sa gangue. — M. **J. Carpentier** présente un galvanomètre enregistreur et un contact tournant et signale l'application des deux appareils au tracé des courbes des courants alternatifs. — M. **R. de Forcrand** a déterminé, pour l'aniline : la chaleur spécifique à l'état liquide (0,4838 à 0°) et à l'état solide (0,2230 vers — 15°), la chaleur de solidification ou de fusion (0 cal. 0399) et la chaleur de solidification moléculaire (3 cal. 711 à — 7°03). — M. **F. Garrigou** a reconnu que l'eau de la source Bayen, à Bagnères de Luchon, contient, avant son contact avec l'air, du sulfhydrate de sulfure, qui dégage à l'air H^2S avec formation d'un monosulfure. — M. **Léo Vignon** a observé qu'en agissant à froid sur l'oxycellulose les solutions aqueuses de potasse régénèrent la cellulose et dissolvent une cellulose soluble, précipitable par l'acide chlorhydrique et les chlorures alcalins et alcalino-terreux.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Laveran** a étudié les Spirilles contenus dans le sang de deux Bovidés du Transvaal. Ces Bovidés étaient infectés en même temps d'autres parasites, en particulier des *Piroplasma*, de sorte que l'étude symptomatique de chaque maladie est très difficile. — MM. **J. Sabrazès** et **L. Muratet** ont constaté que, si l'iodophilie des leucocytes est le plus souvent révélatrice d'une toxi-infection, la règle n'est pas absolue, car l'iodophilie se présente, par exemple, dans les suppurations aseptiques par injection sous-cutanée d'essence de térébenthine. — M. **P.-A. Zachariadès** établit que la fibrille conjonctive est un prolongement cellulaire dont les parties périphériques

se sont transformées en substance collagène; à l'état adulte, elle est composée d'une membrane, d'une substance collagène et d'un filament axile. — M. **M.-A. Hérubel** présente ses observations physiologiques et histologiques sur les dérivés endothéliaux et les granules pigmentaires des Géphyriens.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 31 *Mars* 1903.

MM. **V. Galippe** et **Mayet** considèrent le rachitisme comme une maladie de dégénérescence. Si les anomalies maxillo-dentaires sont très fréquentes chez les rachitiques comme chez les autres dégénérés, elles n'ont aucun caractère qui soit propre au rachitisme. La transmission des stigmates du rachitisme est soumise aux lois de l'hérédité morbide. — M. **Kermorgant** expose le tableau des maladies épidémiques et contagieuses qui ont régné dans les colonies françaises au cours de l'année 1901. — M. **Fournier** confirme l'opinion émise récemment par M. Lannelongue que la maladie de Paget n'est autre qu'une manifestation de syphilis héréditaire se produisant dans un âge avancé de la vie. Pour M. Fournier, il importe que le malade affecté de syphilis héréditaire soit prévenu de son état syphilitique et en soit conscient. — M. le Dr **Parmentier** lit une note sur la cryoscopie du lait.

Séance du 7 *Avril* 1903.

M. le Président annonce le décès de M. **Laborde**, membre de l'Académie.

M. **Chauffard** présente un rapport sur un travail de MM. **Lop** et **Murat** concernant le tétanos consécutif à l'emploi de la gélatine comme hémostatique. Les auteurs citent dix-huit cas de mort par tétanos et les attribuent au fait que la gélatine employée renfermait le bacille de la maladie. Aussi ils proposent de restreindre l'emploi de cette méthode, et en tout cas de ne se servir que de gélatine stérilisée à 115°. Le rapporteur demande à ce que l'Académie émette le vœu que la préparation des sérums gélatineux ne soit pas libre et soit soumise aux lois et règlements qui régissent la préparation des sérums thérapeutiques. Ce vœu est renvoyé à l'examen d'une Commission. — M. **A. Meunier** lit un travail sur les propriétés générales des essences et sur leur rôle dans les liqueurs. — M. **Leredde** donne lecture d'un mémoire sur le traitement de l'acné rose par la photothérapie. — M. **Regnier** lit une note sur l'emploi médico-légal de la radiographie et de l'électrodiagnostic dans la médecine des accidents. — M. **Suarez de Mendoza** donne lecture d'un travail sur les conséquences d'une thyrotomie.

Séance du 14 *Avril* 1903.

L'Académie émet un avis favorable à l'installation, dans les prisons, de crachoirs comme moyen de combattre la propagation de la tuberculose. — M. **J. Boeckel** signale, chez un enfant de deux ans et demi, un cas d'occlusion intestinale chronique et partielle, due à une torsion, à un volvulus de l'anse sigmoïde et de son méso. La laparotomie et la résection de l'intestin ont permis de sauver le malade. Dans ce cas, la cause de l'occlusion paraît attribuable, non à une péritonite intra-utérine, mais à une longueur anormale de l'anse oméga. — M. **A. Fochier** a pratiqué la castration ovarienne dans un cas d'ostéomalacie au cours de la grossesse et a obtenu la guérison de la malade. M. **Guéniot** pense que cette opération doit être remplacée par l'opération césarienne lorsqu'on peut amener la malade jusque près du terme. — M. **Jalaguier** lit une note sur le rôle de l'appendice vermiforme dans la production de l'invagination iléo-cœcale. — M. **Nélaton** donne lecture d'un travail sur un procédé de rhinoplastie totale consistant à prendre un cartilage costal pour former le squelette du nez.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 4 *Avril* 1903.

M. et Mme **Lapicque** ont reconnu, par de nombreuses expériences, que la loi de Weiss paraît bien la loi générale de l'excitation électrique. Elle s'applique au muscle curarisé de la même façon qu'au muscle dans lequel les terminaisons nerveuses sont intactes. La capacité dont la décharge correspond au minimum d'énergie est sensiblement double pour un muscle curarisé que pour le muscle correspondant non curarisé. — MM. **P.-E. Launois** et **P. Mulon** ont étudié les cellules cyanophiles et sidérophiles de l'hypophyse chez la femme enceinte. Les cellules cyanophiles, qui s'associent à d'autres éléments pour former les tubes épithéliaux de l'hypophyse, appartiennent à deux types différents : un type non granuleux et un type granuleux. Les cellules sidérophiles présentent trois types, qui paraissent correspondre à trois stades d'un même élément sécrétoire. — M. **P. Mulon** a observé que la graisse des capsules surrénales du cobaye se colore électivement en bleu par l'hématoxyline au cuivre de Weigert. — M. **G. Loisel** confirme cette observation. — MM. **C. Delezenne** et **A. Frouin** ont constaté que le suc pancréatique des Bovidés, comme celui de chien, est totalement inactif vis-à-vis de l'ovalbumine coagulée; cependant, il manifeste, lui aussi, un pouvoir digestif des plus nets lorsqu'il se trouve mélangé à la kinase. — M. **Gellé** montre que la possibilité de provoquer la rotation de la tête, tantôt à droite, tantôt à gauche, en agissant sur le même labyrinthe, suffit à rendre plausible l'hypothèse des points correspondants labyrinthiques. — MM. **A. Théohari** et **A. Babès** ont préparé un sérum gastrotoxique qui, injecté à dose forte, produit la mort rapide avec grande hyperhémie de la muqueuse gastro-intestinale, et, à dose plus faible, exagère le péristaltisme gastro-intestinal et produit de grandes hémorragies intestinales. — MM. **Klippel** et **Lefas** ont observé un cas d'éosinophilie des plus nets chez une tabétique. — M. **C. Fleig** accorde la prédominance au réflexe de l'acidité sur le mécanisme humoral dans la sécrétion pancréatique. — MM. **E. Gley** et **Richaud** ont constaté que la gélatine décalcifiée ne possède pas la propriété d'augmenter la coagulabilité du sang; elle paraît même, dans quelques cas, devenir anticoagulante. — MM. **G. Linossier** et **G.-H. Lemoine** ont observé que la station debout abaisse notablement la sécrétion de l'urée chez les sujets sains. Ces effets peuvent être attribués à la diminution de la pression sanguine et à une torsion légère du pédicule du rein. — MM. **G. Bonnamour** et **Blicard** admettent qu'autour du grain de graisse neutre des capsules surrénales de la grenouille se rencontre une couche de substances du groupe des lécithines qui peut : ou bien former la couche périphérique du grain, ou bien imprégner la partie du protoplasma immédiatement en contact avec le grain. — M. **M. Arthus** montre que l'intervention des filets nerveux qui arrivent à la région du grand cul-de-sac de l'estomac par la grande courbure est indispensable au fonctionnement de ses glandes dans la sécrétion seconde. — M. **M. Breton** a fait l'examen histologique d'une greffe de la muqueuse gastrique suivant le procédé Arthus. On constate une infiltration leucocytaire exagérée dans le chorion, la dilatation kystique des glandes, la disparition des cellules bordantes. — M. **H. Bierry** a obtenu une néphrotoxine énergique pour le chien par injections répétées au lapin des constituants chimiques du rein de chien. — Le même auteur recherche et dose le lactose en présence du glucose dans les urines par séparation des osazones au moyen de l'acétone étendue. — M. **F. Arloing** a constaté que l'ingestion de bacilles tuberculeux humains a été capable d'infecter le tube intestinal du chien trois fois sur sept. Deux fois, la tuberculose à point de départ intestinal s'est généralisée. — MM. **H. Stassano** et **F. Billon** ont constaté que la lécithine n'est point dédoublée par le suc pancréatique, même kinasé.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 31 Mars 1903.

MM. **Sellier** et **H. Verger** ont constaté que les lésions destructives de la couche optique, même relativement petites, produisent le syndrome typique de l'hémianesthésie cérébrale. Les lésions du segment antérieur et externe ne produisent pas de troubles visuels. — MM. **H. Verger** et **Abadie** ont observé une perte complète du sens stéréodiagnosique chez une parésique. — M. **M. Cavalié** a rencontré des réseaux péricellulaires et intercellulaires, anastomatiques, au niveau des cellules unipolaires et bipolaires, chez le chat.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 Avril 1903.

M. **Chéneveau** présente un appareil de MM. **P. Curie** et **C. Chéneveau** destiné à déterminer le coefficient d'aimantation spécifique des corps faiblement magnétiques et diamagnétiques. On utilise la balance de torsion et l'on mesure la force qui s'exerce sur un corps lorsqu'il est placé dans un champ magnétique non uniforme. Le champ est créé par un aimant permanent de forme annulaire, qu'on peut déplacer par rapport au corps. Il existe deux positions de l'aimant pour lesquelles les forces magnétiques agissantes, égales et de signes contraires, sont maximum. On peut suivre et mesurer les déviations de la balance de torsion à l'aide d'un microscope braqué sur un micromètre. En déplaçant l'aimant, on reconnaît ainsi le moment où la force atteint son maximum, et l'on a la mesure de cette force. On a trouvé, avec cet appareil, que le chlorure de radium pur est para-magnétique. En comparant son coefficient d'aimantation spécifique à celui de l'eau, on a trouvé qu'il est égal à $0,95.10^{-6}$, en adoptant pour l'eau la valeur $-0,79.10^{-6}$ et en tenant compte du magnétisme de l'air. — M. **P. Curie** présente à la Société une balance apériodique précise au $\frac{1}{100}$ de milligramme. On obtient sans de très grandes difficultés un réglage des couteaux assez bon pour obtenir cette précision. Il est, au contraire, très difficile d'éviter les variations de température de l'air de la cage pendant les pesées. Pour obtenir cette constance dans la température, on substitue le corps à peser et les poids marqués l'un à l'autre à l'aide d'un mécanisme qui agit de l'extérieur sans ouvrir la cage. La rapidité des pesées est aussi un gage de précision ; la balance est à court fléau et ses mouvements sont rapides. Cette balance peut servir à étalonner une boîte de poids. M. Curie décrit les procédés employés pour régler les couteaux des balances. Il montre, en particulier, un petit outil qui sert à vérifier le parallélisme des projections horizontales des arêtes des couteaux. — Les tentatives faites en vue de donner de la stabilité aux images fournies par le bain de mercure n'ont été suivies jusqu'ici de résultats pratiques qu'en exerçant un frottement sur la surface réfléchissante, soit en réduisant l'épaisseur de la couche liquide à 2 ou 3 millimètres, par différents procédés, soit en diminuant la fluidité du mercure par addition de plomb ou d'étain. On s'est demandé si la cause amortissante n'est pas de nature à troubler l'horizontalité du miroir liquide; des doutes ont été même émis, à ce sujet, par plusieurs observateurs. Bien que l'expérience ne semble pas jusqu'ici devoir les confirmer, les conditions de sécurité sont manifestement plus certaines dans l'emploi du bain à couche épaisse. C'est pourquoi M. **M. Hamy** a cherché à supprimer les effets des trépidations sur cet appareil, en le suspendant d'une façon convenable. Les propriétés de la suspension employée par M. Hamy ont été obtenues en résolvant le problème de Mécanique dont voici l'énoncé : *Un support, placé sur un sol animé d'un mouvement vibratoire, soutient un solide pesant* M, *qui y est suspendu par des ressorts à boudins égaux de masses négligeables, dont les points d'attache, au support et au solide, sont les sommets de deux polygones réguliers égaux. On demande de déterminer le mouvement absolu du corps* M, *sachant qu'il est gêné dans ses déplacements par un amortissement proportionnel à la vitesse.* L'amortissement n'a d'autre objet que d'éteindre les oscillations pendulaires de l'équipage mobile, qui proviennent du mouvement qu'on lui imprime au moment où on l'abandonne à lui-même. Le calcul montre que l'effet de la composante verticale des trépidations, sur le système suspendu, se réduit, lorsque l'amortissement a fait son office, à une oscillation verticale, de même période que les trépidations d'amplitude α, mais d'amplitude différente α'. L'effet de la composante horizontale des trépidations sur le corps M, assez complexe, en général, se réduit, dans des conditions particulières, à un mouvement d'oscillation, de très petite amplitude, autour d'un point fixe X. Il résulte des calculs de l'auteur que si l'on veut mettre un appareil à l'abri des agitations du sol, en employant une suspension élastique, il convient de placer l'organe sensible de l'appareil le plus près possible du point X du système matériel constitué par cet objet lui-même et la plate-forme suspendue sur laquelle il est posé. L'application de ces considérations au bain de mercure a donné de bons résultats. Dans l'appareil présenté à la Société par M. Hamy, α' n'atteint pas le $\frac{1}{300}$ de la valeur de α, pour des trépidations de période $T = 0^s,1$. Dans les expériences faites dans les ateliers de M. Gautier, à côté d'un moteur à gaz de quatre chevaux en marche, les images réfléchies ont toujours été immobiles: leur netteté était à peine troublée, à chaque coup de piston, pendant un temps très court. M. **A. Pérot** rappelle qu'il a employé à Marseille, avec M. **Fabry**, pour les expériences d'interférence qu'ils ont faites, des suspensions en caoutchouc qui leur on donné toute satisfaction. M. **Crémieu** signale qu'il a observé aussi les remarquables propriétés que présente le caoutchouc comme amortisseur. — M. **Looser** montre que son thermoscope différentiel, qui a été présenté autrefois à la Société par M. Guillaume, permet l'étude expérimentale de la chaleur rayonnante. En face des deux récepteurs, on place deux sources calorifiques dont l'une (source lumineuse) est constituée par un bec de gaz ordinaire, et l'autre (source obscure) est formée d'une plaque de cuivre noircie, chauffée par la flamme d'une lampe à alcool. Les deux colonnes liquides de l'appareil étant d'abord réglées à la même hauteur, on peut intercaler diverses substances entre les sources et les récepteurs pour faire varier les indications des deux thermoscopes. De cette façon, on démontre : que le verre à vitres est plus diathermane pour les rayons lumineux que pour les rayons obscurs ; que le sel gemme absorbe peu la chaleur; qu'il peut la réfléchir totalement, etc.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 27 Mars 1903.

MM. **Ch. Moureu** et **R. Delange** ont préparé et étudié une série d'acides acétyléniques $R{-}C{\equiv}C{-}CO^2H$. Ils ont notamment réussi à les hydrater, au moyen des alcalis en solution alcoolique, avec production d'acides β-cétoniques, réaction générale qui constitue une nouvelle méthode de synthèse des acides β-cétoniques. — M. **V. Auger** : Préparation de l'acide pyrophosphoreux (voir p. 461). — M. **G. Viard** a obtenu le sulfure de zinc et le sulfure de cadmium cristallisés en faisant agir sur le sulfure d'étain les vapeurs de chlorure de zinc ou de chlorure de cadmium. — M. **A. Brochet** donne le résultat de quelques recherches qu'il a entreprises sur les diaphragmes métalliques. — MM. **A. Chassevant** et **S. Posternak** ont étudié quelques propriétés de l'argent colloïdal obtenu par la méthode de Carey Lea légèrement modifiée. Le produit conservé au laboratoire devient, au bout de quelque temps, presque insoluble dans l'eau; il se dissout en grande partie dans l'ammoniaque très étendue; ses so-

lutions sont précipitables par l'acide acétique dilué; il est soluble dans un excès d'acide acétique sans perdre ses propriétés colloïdales. La solution ammoniacale d'argent colloïdal précipite par le carbonate de soude et le carbonate d'ammonium. Le sulfate de cuivre nécessaire pour précipiter cette solution n'est pas en rapport avec la quantité d'argent en solution, mais dépend plutôt de la proportion d'ammoniaque qui se trouve dans la solution. Trituré dans un mortier d'agate, ce produit devient d'autant moins soluble qu'il est plus finement pulvérisé : dans ce cas, *ce sont surtout les impuretés qui se dissolvent*. La solution acétique électrolysée laisse déposer l'argent colloïdal au pôle négatif, alors qu'au contraire, en solution alcaline, le dépôt se fait sur l'électrode positive. L'ensemble de ces faits exclut l'idée de la nature acide de ce produit, et s'accorde, au contraire, avec les propriétés des autres colloïdes.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 13 Mars 1903.

M. **Farr** conclut de ses recherches sur l'interprétation des séismogrammes de Milne : 1° qu'il faut enregistrer avec la plus grande attention la période de vibration libre du pendule; 2° que le ruban de fil doit être déroulé à une vitesse permettant de déterminer la période de vibration forcée; 3° que l'effet de friction doit être enregistré. — M. **Lehfeldt** présente un potentiomètre pour les mesures thermoélectriques. — M. **J. A. Harker** décrit un potentiomètre à lecture directe destiné aux mêmes usages. — M. **A. Campbell** a mesuré un certain nombre de petites résistances par diverses méthodes. Les mesures avec le potentiomètre à shunt, avec le pont de Kelvin, avec le pont à deux branches et avec le galvanomètre différentiel ont donné de bons résultats, comparables entre eux et supérieurs à ceux que donne la méthode de Matthiessen et Hockin. — M. **R. A. Lehfeldt** décrit un nouveau comparateur de résistances.

Séance du 27 Mars 1903.

M. **A. Whitwell** a recherché la position et la forme des surfaces focales produites par la réfraction, sur une surface cylindrique, d'une lumière divergeant d'un point ou y convergeant. — M. **R. A. Lehfeldt** a cherché à déterminer l'échelle absolue de température. Il trouve que T° = 273°18 sur l'échelle du thermomètre à hydrogène à volume constant et 273°2 sur l'échelle du thermomètre à azote. A 100° absolus, le thermomètre à hydrogène à volume constant donne des indications inférieures de 0,1 ou 0,2 à la réalité. — M. **Blakesley** présente une lentille jouissant des propriétés suivantes : Les deux foyers conjugués se meuvent le long de l'axe avec la même vitesse relative; le diamètre de l'objet et celui de l'image sont toujours dans le même rapport. L'instrument constitue un télescope dont le pouvoir grossissant est le rapport linéaire de l'objet à l'image en diamètre.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 2 Avril 1903.

M. **M. O. Forster** a préparé les quatres dioximes de la camphoquinone à l'état pur : α, F.201°, $[\alpha]_D = -98°,3$ (dans la soude à 2 °/₀); β, F.248°, $[\alpha]_D = -24°1$; γ, F.135°, $[\alpha]_D = +12°6$; δ, F.199°, $[\alpha]_D = +83°6$. — M. **A. C. Hill** a montré que l'hydrolyse du maltose en glucose par l'extrait de levure en solution concentrée est incomplète, parce qu'il y a polymérisation du glucose par un processus reversible. Si les produits de cette action sont additionnés de *Saccharomyces Marxianus*, le glucose seul fermente; mais, si l'on emploie une levure contenant de la maltase, une partie des produits synthétiques fermente. D'autre part, si les produits synthétiques en solution diluée sont soumis à l'action hydrolytique de l'extrait de levure, puis traités par le *S. Marxianus*, le tout fermente. Le sucre qui n'est pas fermenté soit par le *S. Marxianus*, soit par les levures contenant de la maltase a été séparé; c'est un nouveau biose, que l'auteur appelle *revertose*; l'autre sucre, qui est fermenté par toutes les levures contenant de la maltase, mais non par le *S. Marxianus*, est probablement le maltose. — M. **E. G. Clayton** a analysé une pluie colorée qui est tombée le 22 février dans les régions au sud de la Tamise. Elle était chargée de poussières éoliennes, constituées par une argile marneuse et ferrugineuse mêlée de débris organiques; le calcaire était en partie dissous dans l'eau, qui contenait CO^2; le reste était en suspension. Ces poussières paraissent avoir été soulevées par le vent des routes poudreuses de la région. — M. **W. N. Hartley** a étudié les spectres d'absorption de l'acide nitrique à différentes concentrations. — M. **A. E. Dixon**, en chauffant le chlorocarbonate d'éthyle avec la phénylthio-urée au bain-marie, a obtenu l'iminophénylthiocarbonate d'éthyle; cette réaction est générale pour les alkylthio-urées. A froid, les résultats sont différents; il se forme des produits d'addition, qui se dissolvent dans l'eau en donnant des acides thioallophaniques mercaptoïdes. — M. **F. D. Chattaway** a préparé un grand nombre de dérivés halogénés de l'o- et de la p-aminobenzophénone. — MM. **J. J. Sudborough** et **K. J. Thompson** ont obtenu de bons rendements en acides α-bromocinnamique et α-bromoallocinnamique par l'action des alcalis caustiques sur le dibromure de l'acide cinnamique et ses éthers. Il se forme comme produit accessoire de l'ω-bromocinnamène. — M. **T. S. Price** confirme les résultats obtenus par Armstrong et Lowry dans leurs recherches sur la composition de l'acide de Caro. En solution diluée, il est représenté soit par la formule $H^2S^2O^9$ si l'acide est dibasique, ou H^2SO^5 s'il est monobasique.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 20 Février 1903.

M. **F. Meyer** étudie, au point de vue historique et commercial, la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé de contact de Schroeder. Celui-ci consistait à l'origine à faire agir de l'air sur de l'anhydride sulfureux pur en présence d'asbeste platiné. Aujourd'hui, on emploie directement les gaz provenant du grillage des blendes et on a remplacé l'asbeste par des sels solubles calcinés, qui donnent une plus grande efficacité au platine. Il y a actuellement 14 usines qui exploitent ce procédé. — M. **G. C. Stone** étudie le procédé Schrœder au point de vue de la fabrication. — M. **Ch. L. Reese** communique quelques expériences sur le procédé Schrœder. Il est essentiel que les gaz des fours de grillage soient purifiés autant que possible, et que certaines impuretés en soient totalement absentes (As^2O^3, HCl, Cl, SiF^4). La température optimum est de 425°, mais entre 400° et 435°, les résultats ne varient guère.

SECTION CANADIENNE

Séance du 29 Janvier 1903.

M. **W. J. K. Vanston** étudie le développement de l'industrie du pétrole au Canada (sources et qualités du pétrole canadien, extraction, raffinage et transport).

SECTION DE LONDRES

Séance du 3 Février 1903.

M. **F. Evershed** communique la statistique des importations et des exportations de produits chimiques de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne en 1901. L'exportation du Royaume-Uni est environ les trois quarts de celle de l'Allemagne, mais ce chiffre ne peut pas donner une idée de l'importance de l'industrie chimique dans les deux pays, la plus grande partie des produits fabriqués étant consommée sur place.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Mars 1903.

M. **M. Thiesen** a continué ses recherches sur la théorie de la diffusion. Après avoir, dans une note communiquée dans la séance du 31 octobre 1902, donné les principes d'une nouvelle théorie, il étudie, dans le présent travail, le cas des gaz se diffusant à travers les interstices d'un milieu poreux; dans ce cas, on peut indiquer le rapport de la constante de propagation à celle correspondant à la diffusion libre, et, comme on possède des expériences précises, il est possible de vérifier la théorie de l'auteur.

Séance du 3 Avril 1903.

M. **P. Drude** commente le travail de MM. Hagen et Rubens sur les relations entre les pouvoirs réflecteurs et les conductivités électriques des métaux, présenté à la séance du 5 mars. Après avoir revendiqué la priorité de la formule $(100 - R)\sqrt{K} = C$, il fait voir que l'absence d'une influence de l'aimantabilité sur les propriétés optiques ne prouve point une inertie d'aimantabilité. — MM. **E. Hagen** et **H. Rubens** présentent leurs recherches sur les pouvoirs d'émission des métaux pour les rayons d'une grande longueur d'onde. Ces recherches ont également été communiquées à l'Académie des Sciences de Berlin (voir la séance du 2 avril). — M. **F. F. Martens** a construit un nouveau photomètre portatif destiné aux mesures de lumière blanche. Le photomètre de polarisation qui constitue la partie essentielle de son dispositif comporte une combinaison de prismes jumeaux et de Wollaston. La lampe de comparaison, à incandescence par l'électricité, est d'un contrôle très facile; sa puissance lumineuse peut se maintenir constante à 1/2 °/₀ près. L'auteur donne tous les détails d'une mesure de puissance lumineuse ou d'éclairement total; il discute finalement le cas où les lumières émises par la source de comparaison et celle à étudier sont d'une coloration différente. — M. **Biegon von Czudnochowski** fait une conférence sur les arcs voltaïques dits « arcs-flamme » ou « à effet », employant des charbons imprégnés de certains sels métalliques. On sait que, dans les lampes à arc ordinaires, à électrodes de charbon pur, l'arc proprement dit est peu lumineux; c'est l'incandescence des pointes de charbon qui produit, dans les conditions normales, les 95 °/₀ de la puissance lumineuse. Lorsqu'on emploie des tensions croissantes, l'arc voltaïque finit par changer d'aspect et par augmenter de longueur et de diamètre. On peut utiliser ces arcs dits arcs-flamme en augmentant leur puissance lumineuse, quand on additionne la matière des électrodes de certains sels métalliques; le rayonnement lumineux ainsi obtenu est extrêmement favorable, puisqu'il évite les ombres projetées par le charbon négatif. Parmi les dispositifs de ce genre, il convient de citer en premier lieu la lampe Bremer qui, la première, a réalisé une solution vraiment pratique du problème et qui a donné lieu dans ces dernières années à de nombreuses imitations. Les processus chimiques (sans doute fort variés et compliqués en raison du grand nombre et de la diversité des substances renfermées dans les électrodes), qui se passent dans l'arc-flamme n'ont pas encore été étudiés en détail; aussi l'auteur se contente de signaler la formation très fâcheuse de grandes quantités de AzO^2, s'opposant jusqu'ici à l'emploi des arcs-flamme dans les espaces clos, mais qui est prévenue par l'addition de carbonate d'ammonium préconisée par les frères Siemens. Ces lampes se distinguent par la consommation d'énergie fort réduite qu'elles présentent en comparaison des lampes à arc ordinaires; l'arc proprement dit y concourt pour 25 °/₀ au rayonnement lumineux total; de plus, en choisissant des additions convenables, on est en mesure de régler à volonté la couleur de l'arc.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE COPENHAGUE

Séances des 23 Janvier et 6 Février 1903.

M. **Th. Sundorph** a étudié les phénomènes présentés par le passage de l'électricité d'un corps à un autre. On sait que, si deux corps entre lesquels passe un courant électrique ne se touchent que légèrement, il se produit, au point de contact, une résistance dite *résistance au passage*. L'auteur constate que, dans le cas de deux fils se croisant à angle droit et serrés légèrement l'un contre l'autre, cette résistance s'accroît fortement lorsque l'intensité du courant augmente. Quand, au contraire, le contact entre ces deux fils est bien intime, on observe une résistance bien constante; il semble donc que ces variations soient dues à une force électromotrice antagoniste provenant d'une mince couche de vapeur d'eau, détruite par une forte pression. L'auteur signale ensuite l'adhérence qui se produit entre deux fils croisés, quand le point de contact est traversé par un courant électrique. Cette adhérence s'exalte en même temps qu'on augmente la self-induction du circuit, sans que toutefois il existe entre ces deux facteurs une relation bien déterminée. Voici comment l'auteur interprète ce phénomène, qui subsiste, pour de grandes self-inductions, après la rupture du courant. Toute tentative de rompre le contact entre les deux fils donne lieu à la production d'extra-courants, d'autant plus intenses que la self-induction est plus considérable et qui, en fondant les particules voisines, établissent des ponts métalliques entre les deux fils. On peut, par des essais préliminaires avec de fortes self-inductions, préparer ces fils croisés, de façon à ce qu'ils se comportent d'une manière analogue même pour de très faibles valeurs de la self-induction. Des phénomènes analogues se présentent encore dans le cas de plusieurs points de contact, entre les particules d'un métal pulvérulent, par exemple. M. Sundorph fait voir que l'accroissement de la résistance du peroxyde de plomb soumis à l'action d'ondes électriques, phénomène signalé par M. Branly, provient de ce que ce corps se transforme en un composé mauvais conducteur (PbO). Examinées sous le microscope, les poudres métalliques traversées par un courant électrique montrent des mouvements bien caractéristiques aux points de contact. Dans certains cas, il est possible de déterminer par la forme des ponts métalliques le métal dont ces derniers se composent. L'auteur pense que ce sont ces mouvements des particules qui donnent lieu à la formation des ponts, mais que des phénomènes analogues au passage du courant entre les charbons d'un arc voltaïque y concourent également. — M. **C. Juel** présente une note sur l'égalité par addition de quelques polyèdres. On dit que deux polyèdres sont égaux « par addition » lorsqu'ils sont composés d'autres polyèdres égaux entre eux, deux à deux. L'auteur considère des exemples de polyèdres égaux par addition à un cube; voici les propositions qu'il démontre à ce propos : 1° Deux polyèdres égaux par addition à un même troisième sont égaux entre eux par addition; 2° Un prisme quelconque est égal par addition à un cube; 3° Une pyramide quadrangulaire régulière dont les surfaces font un angle de 45° avec la base est égale par addition à un cube; 4° Un tronc de pyramide régulier dont l'angle dièdre compris entre une surface latérale et la base est commensurable à π, tandis que l'angle dièdre compris entre deux surfaces latérales consécutives est incommensurable à π, ne sera jamais égal par addition à un cube; 5° Si une pyramide est égale par addition à un cube, il en sera encore de même pour tout tronc obtenu en coupant la pyramide donnée par un plan parallèle à sa base.

ALFRED GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 10 30 MAI 1903

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La distribution des étoiles doubles dans l'espace. — Un curieux travail de M. I. Burns a été présenté récemment sur ce sujet à la *British Astronomical Association*. L'auteur rappelle d'abord qu'antérieurement, et par l'étude combinée des distances apparentes et des périodes de révolution des étoiles doubles, il avait été amené à conclure que la plupart des étoiles doubles sont, en moyenne, plus rapprochées du système solaire que ne semblent l'indiquer les estimations basées uniquement sur leur éclat. Reprenant la question à un autre point de vue, M. Burns s'appuie sur les travaux de M. Kapteyn, qui, d'une étude comparative du mouvement propre et de la distance des étoiles dont la parallaxe est connue, a conclu que les mouvements propres des étoiles sont, en moyenne, exactement proportionnels à leur parallaxe, c'est-à-dire d'autant plus grands que leur distance à la Terre est plus petite. En étudiant d'une manière analogue les mouvements propres des étoiles doubles, M. Burns est amené à conclure que les étoiles doubles sont de plus en plus rares à mesure qu'on s'éloigne davantage du système solaire, d'où il s'ensuivrait que, en supposant que la proportion du nombre des étoiles doubles est la même dans tout l'espace, les étoiles sont moins nombreuses à mesure que la distance à notre système augmente.

Ce résultat est assurément fort curieux; mais il semble qu'on ne peut pas accepter absolument sans réserves toutes les conclusions auxquelles conduit, en ces matières, l'emploi de la méthode des moyennes. — On connaît, en effet, plusieurs étoiles, et notamment l'étoile 1830 Groombridge, qui, tout en possédant des vitesses apparentes énormes, n'ont pas de parallaxe mesurable. Et ce fait, sans infirmer absolument les conclusions de M. Kapteyn et de M. Burns, prouve néanmoins que le mouvement propre apparent des étoiles est parfois fonction d'autres facteurs que de leur distance à la Terre.

Les canaux de Mars. — Si l'on en croit *le Cosmos*, M. Lane vient de faire une curieuse série d'études sur les canaux de Mars pour établir qu'ils n'ont pas de réalité objective et ne sont qu'une illusion d'optique; à cet effet, il fait regarder à travers une lunette un disque sans aucun détail, et demande à la personne de lui dessiner ce qu'elle voit : quatre (?) observateurs dessinèrent ainsi les canaux de Schiaparelli. L'auteur même de la supercherie déclare s'y être laissé prendre!

Que la subjectivité ait ici une grande part, soit. Qu'il y ait lieu d'étudier de plus près encore les équations personnelles, les défauts de transparence homogène des verres, leurs imperfections optiques, — parfaitement. Mais la conclusion est forcée, et, jusqu'à présent, il reste établi que Mars présente des singularités fort curieuses, une *canalisation* si l'on veut.

La comète 1902 *d*. — Cette comète, découverte en décembre 1902 à l'Observatoire de Nice par M. Giacobini, est encore observable actuellement, car son éclat ne diminue que lentement.

Il résulte d'une communication faite récemment à la *British Astronomical Association* par M. Maunder que cette comète est, de toutes les comètes actuellement connues, et à une seule exception près, celle qui a la plus grande distance périhélie. Cette distance est, en effet, égale à 9,8 (le rayon de l'orbite terrestre étant pris pour unité), c'est-à-dire sensiblement à la distance périhélie moyenne des principaux astéroïdes.

§ 2. — Aéronautique

Instructions de la Commission permanente internationale d'Aéronautique sur la sécurité des expériences de ballons à moteurs. — La Commission permanente internationale d'Aéronautique, désirant contribuer de tout son pouvoir à éviter le retour des accidents que l'on a eu à déplorer au cours de l'année 1902 à la suite d'ascensions de ballons à moteur, a résolu d'indiquer les principes les plus élémentaires permettant de se livrer à ces intéressantes, mais délicates expériences, avec les plus sérieuses garanties de sécurité.

Parmi ces principes, les uns sont relatifs à la construction proprement dite ; pour la partie mécanique, ils n'ont rien de bien spécial ; mais il en est autrement pour la partie aérostatique, qui a ses exigences propres,

exigences dont on ne saurait surtout s'affranchir impunément lorsqu'il s'agit de relier l'une à l'autre ces deux parties de la construction.

Il ne suffit pas que l'aérostat soit construit conformément aux principes mentionnés plus haut; il est, en outre, de la plus évidente nécessité de lui faire subir des essais rigoureux avant de procéder à aucune ascension.

Enfin, au cours de celles-ci, on doit observer la plus extrême prudence et se conformer encore à des règles appropriées.

De ces considérations résultent trois catégories de prescriptions :

1° Celles qui sont relatives à la construction ;

2° Celles qui sont relatives aux essais préliminaires;

3° Celles qui sont relatives aux ascensions.

Ces prescriptions, qui vont être énoncées plus loin, sont applicables à la plupart des aérostats à moteurs; mais, pour certains d'entre eux, il peut être nécessaire de les compléter : la C.P.I.A. se tiendrait à la disposition de leurs auteurs si, pour arriver à ce but, ils lui demandaient de se livrer à un examen du système et à une étude spéciale [1].

I. — Prescriptions relatives a la construction

Ballonnet. — Tout ballon à moteur doit comporter un ballonnet à air.

Le volume de ce ballonnet doit être une fraction du volume total du ballon au moins égale *au delestage relatif* maximum que l'on peut obtenir. Par délestage relatif, on entend le rapport entre le poids du lest projeté et la *force ascensionnelle totale du gaz du ballon*, laquelle est le produit du volume du ballon par la force ascensionnelle du mètre cube de gaz employé. Le délestage relatif maximum est, par suite, une fraction qui a pour numérateur le poids de tout le lest disponible et pour dénominateur la force ascensionnelle totale du gaz du ballon ; cette fraction doit être inférieure à celle qui a pour numérateur le volume du ballonnet et pour dénominateur celui du ballon [2].

Le ventilateur chargé d'envoyer de l'air dans le ballonnet doit être capable de compenser la contraction du gaz due à la descente et, par suite, pouvoir débiter par seconde un volume d'air égal au produit de la vitesse de descente par $\frac{1}{8.000}$ du volume du ballon [3].

Le ballon devant toujours être maintenu plein en apparence, même en cas d'arrêt volontaire ou forcé du moteur principal, le ventilateur du ballonnet devra pouvoir être au besoin actionné par un moteur indépendant.

[1] Le siège de la Commission permanente internationale d'Aéronautique est établi à Paris, 44, rue de Rennes, à l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale; le secrétariat est installé, 2, avenue de la Bourdonnais.

[2] Si V est le volume du ballon en mètres cubes, v le volume du ballonnet en mètres cubes, A la force ascensionnelle du mètre cube de gaz en kilogrammes et L le poids maximum du lest disponible, le délestage relatif maximum est $\frac{L}{VA}$ et l'on doit avoir $\frac{v}{V} \geqslant \frac{L}{VA}$ et, par suite, $v \geqslant \frac{L}{A}$. Si, comme approximation, on suppose que la force ascensionnelle de l'hydrogène est de 1 kilogramme par mètre cube, ce qui est inférieur à la réalité, on aura $v \geqslant L$, c'est-à-dire que le volume du ballonnet exprimé en mètres cubes doit être au moins égal au poids du lest disponible exprimé en kilogrammes : règle facile à retenir et suffisamment précise pour les applications pratiques.

[3] Si l'on pense être amené à tolérer une vitesse de descente de 1, 2, 3, 4 mètres par seconde, etc., le débit du ventilateur devra être au minimum de $\frac{V}{8.000}$, $\frac{2V}{8.000}$, $\frac{3V}{8.000}$, $\frac{4V}{8.000}$, etc. Il semble prudent de compter qu'une vitesse de descente de 5 mètres par seconde pourra éventuellement se produire, ce qui donnerait pour le débit du ventilateur $\frac{5V}{8.000}$ ou $\frac{V}{1.600}$.

Des dispositions doivent être adoptées pour s'opposer aux déplacements longitudinaux de l'air et du gaz dans le ballonnet et le ballon ; toutefois, il faut éviter avec le plus grand soin les dispositions qui auraient pour effet de détruire l'unité du ballon, c'est-à-dire de le fractionner en diverses parties séparées les unes des autres plus ou moins complètement par des poches à air.

Stabilité longitudinale. — Des dispositions spéciales doivent être prises pour assurer la stabilité longitudinale. Mais, comme l'étude théorique de cette question est extrêmement difficile, on ne peut, dans l'état actuel de la Science, compter sur l'efficacité des dispositions adoptées que si on l'a constatée par expérience. On reviendra donc sur ce sujet dans les deux dernières parties.

Il convient toutefois de ne pas perdre de vue qu'un aérostat peut posséder une stabilité suffisante pour une vitesse propre donnée et perdre cette qualité pour une vitesse supérieure. Pour éviter toute surprise dangereuse, il est indispensable que le mécanisme employé permette de faire varier à volonté la vitesse de propulsion et de ne l'augmenter que progressivement.

Conseils pour la construction. — Il convient de proscrire dans la construction du ballon proprement dit les matériaux rigides. On peut, sans y avoir recours, assurer la rigidité et la permanence de la forme dans d'excellentes conditions, moyennant un poids plus faible et avec beaucoup plus de sécurité.

Dans les parties de l'aérostat autres que le ballon, il convient également de réduire au minimum l'emploi des matériaux rigides; l'exagération de leur emploi conduit à un gaspillage de poids et peut amener des accidents graves à l'atterrissage.

Les matériaux rigides que l'on emploiera dans la construction des parties de l'aérostat autres que le ballon devront, autant que possible, être tenus éloignés de celui-ci; il est, en effet, très difficile d'assembler un ballon d'une manière satisfaisante avec des organes rigides d'une certaine étendue; ceux-ci ne se prêtent pas aux déformations inévitables du ballon, et tel assemblage satisfaisant au moment de sa construction cessera de l'être quand le ballon se sera déformé, même légèrement, et pourra devenir dangereux. Il est, par suite, beaucoup plus sage d'éviter ces difficultés et ces dangers en éloignant du ballon toutes les pièces rigides du reste de l'aérostat et en réunissant celles-ci à celui-là par l'intermédiaire d'organes flexibles, pouvant sans inconvénient être fixés d'une part aux parties rigides de forme invariable, d'autre part au ballon, essentiellement déformable de sa nature.

Si l'on emploie dans la suspension des câbles d'acier, ils seront épissés et non noués et les épissures seront soigneusement transfilées; si les extrémités sont soudées avant ou après le transfilage, on aura soin de n'employer aucun acide pour décaper le métal avant soudure. Les câbles devront, en outre, être munis de tendeurs ou autres appareils de réglage, permettant d'assurer, autant que possible, la bonne répartition des efforts dans toutes les parties de la construction.

La nacelle et toutes les parties supposées rigides de l'aérostat étant exposées à des déformations inévitables, le mécanisme doit être construit en conséquence et susceptible de fonctionner malgré ces déformations. Il doit donc comporter des organes spécialement établis dans ce but, tels que chaînes, courroies, joints de Cardan, paliers mobiles, etc.

Précautions contre l'incendie. — Les moteurs à feu doivent être, autant que possible, éloignés du ballon. Toute disposition qui conduirait forcément à les placer à proximité est à rejeter *a priori*. Les catastrophes des ballons de *Woelfert* et de *Severo* dispensent de tout commentaire à cet égard.

Les orifices d'échappement du gaz du ballon doivent être placés aussi loin que possible du moteur et vers *l'arrière* de l'aérostat.

Les gaz qui s'échappent du moteur doivent être réfri-

gérés avec le plus grand soin avant d'être envoyés dans l'atmosphère. Ces gaz constituent, en effet, s'ils sortent à une température élevée, le danger capital des aérostats à moteurs.

Il faut éviter absolument de laisser, entre le moteur et le ballon, des espaces confinés favorables à l'accumulation des mélanges détonnants produits par l'atmosphère et les gaz sortant du ballon, du moteur, des réservoirs à essence, etc.

Si l'on emploie l'électricité, toutes les connexions de fils doivent être faites avec soudures ; les commutateurs et interrupteurs doivent être à renversement de mercure en vase clos ou de tout autre système empêchant absolument la production d'étincelles au dehors. Les fils électriques doivent avoir une section suffisante pour éviter tout échauffement par le passage du courant. Ce résultat sera largement obtenu si on leur donne une section de 1/2 millimètre carré par ampère.

La nacelle ou, au moins, les parties voisines des moteurs et, s'il y a lieu, les canalisations électriques doivent être en matériaux incombustibles.

Il est de la plus élémentaire prudence de munir la nacelle d'engins d'extinction d'incendie. On peut recommander à cet effet les appareils producteurs d'acide carbonique. On conseille également de prendre des dispositions permettant au besoin de profiter comme agent d'extinction de l'eau destinée à la réfrigération des moteurs.

II. — Prescriptions relatives aux essais préliminaires.

Hangar. — Il paraît impossible de faire les essais qui doivent précéder une ascension de ballon à moteur si l'on ne dispose pas d'un hangar suffisamment vaste pour abriter l'aérostat.

a) *Avant le gonflement du ballon* :

Garanties contre l'incendie. — On devra, avant toutes choses, procéder à des essais prolongés du moteur. On devra projeter sur toutes les pièces qui chauffent le plus : culasse du moteur, soupapes d'admission et d'échappement, tuyau d'échappement, pot d'échappement, etc., de l'hydrogène servant au gonflement de l'aérostat, et cela de trois manières différentes : sous la pression de régime de l'aérostat, sans pression, mélangé d'air.

Ces diverses projections de gaz devront être faites également sur les commutateurs qui assurent l'allumage du mélange explosif dans les chambres d'explosion, sur les bougies et cames si l'électricité est fournie par des piles ou accumulateurs, sur la magnéto si c'est à ce mode que l'on a recours, et sur la commande de la pièce produisant les étincelles de rupture dans ce dernier cas. On s'assurera que, sur les divers points de connexion, aucune étincelle ne peut se produire par suite de la trépidation. Les mêmes précautions seront prises en ce qui concerne les dynamos, moteurs électriques, piles ou accumulateurs, qui pourraient être employés, le cas échéant, pour actionner le ventilateur en cas de cessation momentanée du fonctionnement du moteur principal.

Toutes ces expériences pourraient être dangereuses par elles-mêmes si elles n'étaient exécutées avec les plus grandes précautions. En particulier, les projections d'hydrogène mélangé d'air doivent être faites au moyen de chalumeaux permettant de maintenir les deux gaz séparés le plus longtemps possible et d'éviter les retours de flamme vers les récipients à hydrogène.

Des expériences rigoureuses seront faites pour s'assurer qu'en cas de difficulté de la mise en marche du moteur les retours de flamme sont impossibles dans le tuyau conduisant le mélange explosif du carburateur aux soupapes d'admission. Des toiles métalliques convenablement disposées pourront, en tout cas, être utilement placées dans ce tuyau. Le moteur en marche sera conduit de telle manière que, par suite de ratés ou de passages à vide, des accumulations de gaz se produisent dans le pot d'échappement (par exemple, en supprimant l'allumage dans un des cylindres), et des jets d'hydrogène, comme il est dit plus haut, seront projetés sur le pot d'échappement ou sur ses garnitures en toile métallique, pendant l'explosion des gaz accumulés.

Essais de solidité. — Quel que soit le genre de suspension du ballon, tout l'ensemble, à l'exception de l'enveloppe, sera mis en suspension dans le hangar, et la nacelle sera chargée d'un poids au moins double de celui qu'elle devra normalement porter. Toutes les attaches devront être soigneusement vérifiées après cette épreuve.

On procédera ensuite à des essais du moteur et du propulseur mis en place.

Dans ces divers essais, on fera varier l'inclinaison de la suspension de l'ensemble aussi bien dans le sens du tangage que dans celui du roulis, afin de juger la manière dont se comporterait l'ensemble de la suspension dans le cas où ces défauts viendraient à se produire en ascension.

b) *Après le gonflement du ballon* :

Essais concernant le ballon et le ballonnet. — Le ballon, une fois gonflé, sera mis sous la pression de réglage des soupapes à gaz, et sous cette pression on vérifiera avec soin le fonctionnement des soupapes automatiques. On vérifiera également le tarage du manomètre de bord, en ayant bien soin de tenir compte de l'erreur qu'apporte, dans cette vérification, la présence de l'hydrogène dans le tuyau qui fait communiquer l'intérieur du ballon avec le manomètre. On fera mieux d'employer un dispositif qui supprime la présence d'un fluide plus léger que l'air dans ce tuyau.

Les mêmes essais seront faits sous la pression de régime du ballonnet, en vérifiant le fonctionnement des soupapes à air et de nouveau celui du ou des manomètres, en faisant fonctionner le ventilateur et en s'assurant que les commandes de cet important engin sont installées de telle façon que son débit soit complet.

Essais de solidité. — Enfin, à part les expériences relatives aux dangers d'incendie, toutes celles qui ont été prescrites avant le gonflement de l'enveloppe seront répétées après. On renouvellera en particulier les expériences d'inclinaison de l'ensemble de l'aérostat, principalement dans le sens longitudinal, pour s'assurer qu'aucune partie de la construction ne présente de détériorations à la suite de ces inclinaisons.

Essais de stabilité. — On s'assurera aussi qu'après avoir été incliné, par suite de déplacement de poids ou de toute autre manière, l'aérostat tend à revenir à sa position normale lorsqu'on fait disparaître la cause qui a provoqué l'inclinaison.

Engins de manœuvre. — On s'assurera aussi que les appareils destinés au transport ou au campement de l'aérostat sont fixés de telle manière qu'ils ne puissent pas faire travailler de façon anormale les parties sur lesquelles ils sont amarrés.

Pesées. — Avant toute sortie du hangar, des pesages rigoureux seront toujours pratiqués à l'abri du vent.

III. — Prescriptions relatives aux ascensions.

Nécessité d'un aéronaute. — La conduite d'un aérostat à moteur en tant que ballon libre étant certainement plus difficile que celle d'un aérostat ordinaire, il est absolument indispensable qu'elle soit confiée à un aéronaute d'une expérience et d'une habileté consommées. Entreprendre une ascension en ballon dirigeable sans avoir à son bord un aéronaute excellent est plus qu'une imprudence, c'est une véritable folie.

Vérifications avant le départ. — Avant d'entreprendre une ascension, il sera prudent de passer une inspection très rigoureuse de l'ensemble de la suspension. Autant que possible, le ballon devra être constamment maintenu sous une pression aussi faible que l'on voudra.

On devra se munir d'un appareil du genre de l'appareil *Bunsen*, par exemple, permettant la mesure

rapide de la densité des fluides, afin de pouvoir procéder, avant chaque nouvelle sortie, à une pesée de l'air contenu dans le ballonnet, pour s'assurer qu'aucun mélange d'air et d'hydrogène ne s'y est produit, et on ne devra pas hésiter à suspendre toute expérience dans le cas où la présence de l'hydrogène serait ainsi constatée dans l'intérieur du ballonnet à air.

Stabilité longitudinale. — Avant chaque départ, une vérification des soupapes et du manomètre de bord sera soigneusement faite.

L'expérience seule pouvant permettre de s'assurer si un aérostat dirigeable possède la stabilité longitudinale en marche, et cette stabilité pouvant exister à certaines vitesses et disparaître pour des vitesses supérieures, il est recommandé de n'augmenter les vitesses propres de l'aérostat que très lentement, de manière à s'apercevoir des défauts de stabilité avant qu'ils soient devenus dangereux. Lorsqu'on sera sûr que la stabilité est acquise pour une vitesse donnée, on pourra à son gré se servir de cette vitesse et des vitesses inférieures, mais il ne faudra aborder les vitesses supérieures que par échelons successifs, rapprochés les uns des autres, et opérer dans ce cas avec une extrême prudence.

Navigation au-dessus des grandes agglomérations. — On ne devra voyager au-dessus des grandes agglomérations d'habitations qu'après avoir, par des ascensions préalables, vérifié que l'aérostat paraît présenter toutes les garanties de sécurité désirables, que notamment il possède une stabilité satisfaisante et qu'on a su se rendre maître de sa manœuvre tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal.

§ 3. — Physique

Contributions à l'étude de l'électrode photo-électrique en or à polarisation anodique. — Lorsque deux plaques identiques d'un chlorure métallique sont plongées dans un électrolyte et qu'on expose l'une d'elles à un éclairage plus ou moins intense, l'autre étant maintenue dans l'obscurité, on donne lieu, dans certaines circonstances, à une différence de potentiel électrique; c'est là un fait constaté dès 1839 par M. E. Becquerel et qui a, depuis, fait l'objet de nombreuses recherches. Dans la majorité des cas, il s'agissait des composés du cuivre et des sels haloïdes de l'argent; les métaux purs ne se montraient, au contraire, guère sensibles à l'action de la lumière. Les plaques insolées prennent, par rapport aux plaques plongées dans l'obscurité, des tensions soit positives, soit négatives, et dont la grandeur ne dépend pas seulement de la nature des différentes substances, mais est encore fonction de la longueur d'onde des rayons incidents; le maximum de sensibilité peut coïncider avec les régions les plus diverses du spectre, bien qu'en général les rayons chimiquement actifs aient aussi une influence plus grande au point de vue photo-électrique.

Or, M. Bose vient d'indiquer une nouvelle combinaison photo-électrique dans laquelle un métal pur opère cette transformation d'énergie radiante en énergie électrique. Ayant préparé une pile à électrodes d'or plongeant dans de l'acide sulfurique étendu, ce savant a, en effet, eu l'occasion de constater des oscillations diurnes très régulières de la force électromotrice; la pile présentait, pendant les heures de soleil, une force électromotrice plus petite que pendant les moindres intensités lumineuses; le siège de cette sensibilité photo-électrique est l'anode. C'est sur le conseil de M. Bose que M. Kochan[1] a entrepris une étude plus approfondie de ces phénomènes, en se servant d'une pile dont la résistance interne était augmentée autant que possible par un long tube capillaire réunissant les deux vases contenant les électrodes. L'auteur a jugé bon de disposer deux anodes constituées par du fil d'or de $0^{mm},40$ de diamètre et qui servaient à tour de rôle, de manière que, pendant l'observation de de l'une, l'autre anode pût se reposer. Au lieu d'une cathode en or, cette pile comportait une grande cathode en platine, prenant, pendant la décharge, le caractère d'une électrode d'hydrogène sensiblement impolarisable. L'électrolyte était constitué par H^2SO^4 dilué, de poids spécifique 1,128 à la température de 31°8.

Pendant la charge de la pile, l'auteur observe un phénomène remarquable : les fils d'or se recouvrent fréquemment d'un enduit brun noirâtre, alors que la cathode en platine prend une coloration légèrement carminée. Notons que les expérimentateurs modernes ont souvent constaté des faits analogues.

Les forces électromotrices ont été mesurées par la méthode de compensation de Poggendorff; M. Kochan se sert, comme source lumineuse, d'une lampe à arc électrique, dont le rayonnement est rendu homogène au moyen de filtres lumineux (d'après Landolt).

Il résulte de ces expériences que les électrodes en or anodiquement polarisées sont sensibles à la lumière non seulement dans les spectres ultra-violet et visible, mais encore dans l'infra-rouge, voire même pour les rayons Rœntgen; cette sensibilité est fonction de la longueur d'onde du rayonnement incident.

Les effets photo-électriques sont maxima pour les rayons violets et de Rœntgen, qui abaissent le potentiel d'environ 0,6 volt, et diminuent pour des valeurs croissantes des longueurs d'onde, jusqu'à changer de signe, dans un des cas étudiés, pour le rouge et l'infra-rouge.

En vue de décider si l'on est ici en présence d'un phénomène réversible, l'auteur a étudié enfin les coefficients de température à l'état insolé et obscur respectivement; ces deux coefficients — chose importante — ont des signes opposés; celui qui correspond à la pile insolée est plus grand en valeur absolue.

M. Kochan incline à interpréter cette influence de la lumière comme le déplacement de l'état d'équilibre caractérisé par une certaine pression qui déterminerait, dans l'obscurité, le potentiel de l'électrode. On aurait donc affaire ici à des phénomènes analogues aux phénomènes dits de solarisation qu'on a observés, dans la photographie, avec les composés haloïdes de l'argent. — De même qu'une pression élevée de l'oxygène sur la plaque insolée semble être une condition essentielle pour que ces phénomènes de solarisation se produisent, le renversement de l'effet photo-électrique est, de l'avis de M. Kochan, lié à la présence d'un potentiel initial élevé, c'est-à-dire d'une pression d'oxygène considérable.

Sur les variations avec la température des constantes diélectriques de quelques liquides. — Dans un mémoire présenté à l'Académie hongroise des Sciences et que publie le n° 4 des *Annalen der Physik*, M. K. Tangl s'est proposé d'étudier les variations que subissent les constantes diélectriques des liquides, dans un intervalle de température aussi étendu que possible. La connaissance de ces variations serait importante à plusieurs points de vue. L'expression de Clausius-Mosotti, donnant la relation entre cette constante et le volume spécifique, semble en effet dépendre de la température. D'autre part, les relations entre la constante diélectrique et la constitution chimique, que font entrevoir les récentes recherches de MM. Landolt et Jahn, Chwing, Drude, ne pourront, semble-t-il, être vérifiées qu'en comparant les pouvoirs inducteurs spécifiques à des températures dites correspondantes, c'est-à-dire à des fractions égales des températures critiques.

Bien que le travail que nous analysons n'apporte qu'une contribution à la solution définitive de ces problèmes et de tant d'autres non moins importants, il nous paraît intéressant de résumer les résultats obtenus par l'auteur.

[1] H. Kochan : Beiträge zur Kenntniss der anodisch polarisierten lichtempfindlischen Goldelektrode. (*Thèse* inaugurale presentée à l'Univ. de Breslau, 93 pages, Breslau, 1902.)

Les constantes diélectriques du benzène, du toluène, du xylène, du sulfure de carbone et du chloroforme ont été déterminées dans l'intervalle de 20-180°, celles de l'éther jusqu'à la température critique de ce liquide, par la méthode de Nernst, que M. Tangl modifie légèrement en constituant le condensateur de mesure par deux cylindres concentriques en platine dans l'intervalle desquels on a interposé six petits coins de quartz destinés à maintenir la constance de la capacité. L'auge diélectrique étant introduite dans un four électrique, on a évalué les températures au moyen d'un fil de platine dont on mesurait la résistance par la méthode du pont de Wheatstone.

Les constantes des cinq premiers liquides sont parfaitement représentées par une formule empirique; elles baissent pour des températures croissantes. Celle de l'éther tombe brusquement au voisinage de la température critique, qu'elle permet d'évaluer. En chauffant l'éther au delà de cette température (193,3°), on voit la constante diélectrique diminuer ultérieurement jusqu'aux environs de 199°. Lorsqu'on fait refroidir après coup, cette valeur limite se conserve jusqu'au point critique, d'accord avec l'homogénéité imparfaite de la masse après disparition du ménisque. La valeur donnée par la formule de Clausius-Mosotti n'est constante que pour le xylène (entre 0 et 130°); pour les autres liquides, au contraire, elle s'accroît notablement pour des températures croissantes. La constante diélectrique de l'éther, à la température critique, est sensiblement supérieure au carré de l'indice de réfraction, pour les longueurs d'onde infiniment grandes.

§ 4. — Électricité industrielle

L'équipement électrique du Metropolitan and District de Londres. — On sait que la transformation du *Metropolitan and District de Londres* a été décidée l'année dernière, et qu'après une longue discussion et un arbitrage ayant pour objet de déterminer le choix entre la traction par courant alternatif et la traction par courant continu, la préférence a été donnée à cette dernière[1].

La Compagnie Westinghouse a reçu commande de l'usine génératrice à courant alternatif et des lignes. Cette usine génératrice comportera d'abord quatre groupes électrogènes à turbines, d'une puissance de 3.500 kilowatts, l'usine étant dès maintenant établie de manière à pouvoir en contenir six et ultérieurement un plus grand nombre. Le courant alternatif sera triphasé à 11.000 volts, et des sous-stations transformatrices le transformeront en courant continu à 600 volts. Les unités de transformation auront une puissance de 750 kilowatts et comprendront des transformateurs statiques, réduisant la tension du courant avant l'envoi de ce dernier aux commutatrices, et des commutatrices le changeant d'alternatif en continu. Les transformateurs statiques seront à isolement et refroidissement d'huile.

Les ateliers et usines seront situés au voisinage de la station centrale, et il sera facile de les équiper électriquement aussi parfaitement que possible.

Les voitures seront à couloir, d'une longueur de 16m,50. Chaque train en comporte sept et est capable de contenir 500 voyageurs. Une voiture motrice sera employée à chaque extrémité, et éventuellement une au milieu. Ces voitures motrices porteront chacune quatre moteurs de 150 chevaux.

Pour les parties du réseau possédées en commun par la *Metropolitan* et la *District C°*, l'accord parfait s'est établi enfin sur les conditions de la transformation, qui seront celles que nous avons indiquées plus haut.

[1] La transformation du réseau à vapeur en réseau électrique de ces deux grandes Compagnies a déjà fait l'objet d'une note publiée ici même. Voyez à ce sujet la *Revue générale des Sciences* du 15 août 1902, t. XIII, p. 707 et suivante.

§ 5. — Chimie physique

Une méthode microscopique pour la détermination des poids moléculaires. — On sait que, lorsque deux solutions de tensions de vapeur égales, produites par la dissolution de deux substances dans un même dissolvant, sont abandonnées dans une enceinte close, les volumes de ces solutions ne varieront pas si l'enceinte est saturée de la vapeur du dissolvant. Si, par contre, les tensions de vapeur sont inégales, le solvant distillera de la solution qui possède la plus grande tension de vapeur dans celle qui possède la plus faible.

M. G. Barger, sur les conseils de M. L. Errera, professeur de Botanique à l'Université de Bruxelles, vient d'appliquer ce principe à la détermination des poids moléculaires. La méthode qu'il emploie, et qui diffère beaucoup de celles que l'on a jusqu'à présent mises en œuvre, peut se résumer ainsi :

Une solution-étalon de la substance dont on désire déterminer le poids moléculaire est comparée avec un certain nombre de solutions types d'une substance de poids moléculaire connu. Pour cela, de minimes quantités des solutions à comparer sont introduites dans un tube capillaire, où elles forment des gouttelettes bi-concaves, discoïdes; on prend soin d'employer alternativement chaque solution, de telle sorte qu'une goutte d'une solution soit comprise entre deux gouttes de l'autre. Le tube capillaire est alors scellé aux deux extrémités, et la longueur de chaque goutte est mesurée au microscope à l'aide d'un micromètre oculaire. Au bout de quelques heures, ou d'un jour entier, on répète les mesures. Alors, si les tensions de vapeur des deux solutions sont inégales, on constate que les gouttes d'une série ont augmenté en diamètre, tandis que les autres ont diminué d'une quantité correspondante. En employant des solutions-étalons de diverses concentrations, on obtient une valeur approximative du poids moléculaire; la limite d'exactitude atteinte jusqu'à présent est d'environ 10 °/o.

Cette méthode paraît susceptible de rendre des services dans le cas où l'on est appelé à trancher entre les multiples d'une formule empirique et où les méthodes ébullioscopiques ne sont pas utilisables.

§ 6. — Sciences médicales

Mouvements respiratoires réduits au nombre de quatre ou cinq par minute. — Une fonction essentiellement vitale, la respiration, peut se montrer considérablement réduite sans que la vie en soit forcément et à bref délai compromise.

De tels faits sont assurément exceptionnels, mais ne sont pas inexplicables. Le cas suivant a été rapporté dans une des dernières séances de la Société de Neurologie[1]. Il concerne une femme tabétique, qui, depuis plusieurs années, ne respire plus que... très rarement.

Les premiers symptomes de la maladie apparurent à l'âge de vingt-deux ans : ce furent des crises gastriques, puis des douleurs en éclairs dans les quatre membres. Au bout de six ans, cette femme était devenue impotente et se confinait au lit. Vers l'âge de trente-deux ans survinrent des crises laryngées et des accès d'étouffement; à la même époque existait de la tachycardie jusqu'à 160 pulsations par minute.

Quelques années se passent encore, puis on observe chez cette malade un ralentissement considérable de la respiration. Il y a trois ans, on trouvait encore six mouvements respiratoires par minute; actuellement, la moyenne oscille entre quatre et cinq. C'est toujours le matin, à jeun, que la respiration est le plus rare : trois par minute. Diverses influences, les repas, la chaleur,

[1] Déjerine et Max Egger : Paralysie bilatérale du pneumogastrique pulmonaire chez une ataxique des quatre membres. *Société de Neurologie de Paris*, février 1903.

l'émotion, accélèrent le rythme : on compte alors jusqu'à sept inspirations par minute. Le pouls est revenu à 90.

En résumé, il s'agit ici d'une diminution des deux tiers de la fréquence normale, qui est de douze à quinze. Malgré cette diminution extrême du nombre des mouvements respiratoires, l'état général de la malade n'a pas fléchi, depuis que le phénomène a été constaté. L'état local des poumons est normal.

Pour expliquer cette singularité, il faut se remémorer une expérience de Physiologie. En effet, en comparant le tracé pneumographique de la malade au tracé de la respiration d'un chien dont les deux pneumogastriques ont été réséqués, on constate une analogie complète entre les deux courbes. Les mouvements sont rares dans les deux cas, et, ce qui est caractéristique, c'est que la pause respiratoire ne s'inscrit pas sur le graphique sous forme d'un trait horizontal, mais bien d'une ligne légèrement ascendante; le temps de repos prolongé est, en réalité, le début extrêmement ralenti d'une inspiration.

La résection d'un seul des pneumogastriques ne donne pas lieu à des symptômes respiratoires.

Lorsque les deux pneumogastriques ont été coupés, le chien a des vomissements et des régurgitations, de la raucité de la voix, de la tachycardie, de l'essoufflement rapide. Or, la malade a présenté autrefois un syndrome comparable : crises gastriques avec vomissements, crises laryngées avec suffocations, tachycardie.

Les chiens ne survivent guère à la double résection des pneumogastriques; ils meurent rapidement d'œdème du poumon ou de bronchopneumonie. Cependant, quelques animaux survivent et, chez ceux-là, la tachycardie finit par se calmer, comme chez la malade en question, dont le pouls est tombé de 140 à 90. Quant à l'intégrité de son poumon, elle se conçoit fort bien : la brusque résection expérimentale des deux pneumogastriques est une opération d'une brusquerie et d'une gravité difficilement supportables; tandis que le processus d'atrophie dégénérative tabétique a détruit lentement et progressivement les deux pneumogastriques, pour ainsi dire fibre par fibre.

§ 7. — Géographie et Colonisation

L'Expédition anglaise de la « Discovery » vers le pôle Sud. — Trois Expéditions, anglaise, allemande et suédoise, explorent actuellement les glaces antarctiques. On était sans nouvelle de la première, dont le départ remonte à vingt mois, lorsqu'un télégramme de Nouvelle-Zélande est venu, il y a quelques semaines, rassurer l'Angleterre sur le sort de ses hardis marins. Cette nouvelle a été apportée par le navire convoyeur *le Morning*, qui vient de ravitailler le bâtiment monté par l'Expédition anglaise, *la Discovery*, au milieu des glaces du pôle austral.

La *Discovery* quittait l'Angleterre le 6 août 1901 ; le 23 janvier 1902, elle attaquait la banquise dans le sud de la Nouvelle-Zélande, et, après une lutte pénible, arrivait à la terre Victoria, véritable continent antarctique découvert par l'Anglais Ross il y a soixante-dix ans.

Profitant de l'été antarctique, qui correspond à notre hiver, les explorateurs firent de périlleuses expéditions en traîneaux, puis ils s'installèrent pour l'hivernage. C'est alors que, profitant du macadam de neige qui recouvre les glaciers, trois officiers s'avancèrent vers le sud en traîneau, et réussirent, au prix d'efforts inouïs, à atteindre le 80°17 de latitude, dépassant de plus de 300 kilomètres le record actuel vers le pôle Sud. Au point où ils durent rebrousser chemin, ils aperçurent de hautes montagnes qui semblaient atteindre 3 à 4.000 mètres.

Les souffrances supportées par les courageux explorateurs furent grandes; la température s'abaissa à — 45°, les chiens attelés aux traîneaux succombèrent les uns après les autres et les voyageurs furent forcés de haler les véhicules qui portaient les vivres et les équipements.

Les observations faites par l'Expédition anglaise confirment l'hypothèse émise par les géographes sur l'existence d'un grand continent s'étendant dans la direction du pôle Sud au moins jusqu'au 83°20 de latitude. Ce résultat géographique, obtenu par la Marine britannique, a naturellement causé la plus vive satisfaction en Angleterre. C'est que l'Expédition de la *Discovery* est bien une entreprise scientifique nationale, organisée en grande partie par l'initiative des Sociétés savantes.

A ce propos, il nous semble utile, au moment où l'Expédition française du Dr Jean Charcot s'apprête à explorer les mêmes régions, de rappeler ici les difficultés rencontrées par les Anglais dans l'organisation de leur exploration. Plusieurs fois l'entreprise échoua.

Dès 1893, la Société Royale de Géographie de Londres nomma un Comité spécial afin de préparer une nouvelle exploration antarctique. Une conférence du savant océanographe John Murray sur la nécessité scientifique de cette entreprise émut l'opinion des Sociétés savantes. On sollicita une subvention du Gouvernement, mais celui-ci refusa net. Plusieurs fois, à quelques années d'intervalle, le Comité de la Société de Géographie de Londres renouvela l'assaut contre la caisse publique, mais ce fut toujours sans aucun résultat.

Battue, mais non découragée, la Société de Géographie ne désarma pas. En 1898, sous l'impulsion de son président, sir Clements Markham, elle résolut de préparer, seule avec le public, l'expédition dont le Gouvernement se désintéressait. Une souscription fut ouverte et l'on estima qu'il fallait réunir au moins 1.250.000 francs. La Société s'inscrivit pour le dixième de la somme, soit 125.000 francs. Au bout de l'année, on n'avait recueilli que 300.000 francs, lorsque apparut un bienfaisant millionnaire, M. W. Longstaff, qui offrit une somme de 625.000 francs. Le mois suivant, le roi et le duc d'York acceptaient de devenir les patrons de l'entreprise. Dès lors, le succès était décidé, et, en juin 1899, le Gouvernement offrait la somme de 1.125.000 fr., portant ainsi le capital à 2 millions environ. La *Discovery* fut alors mise en chantier.

La *Discovery* fut équipée pour un voyage de trois années, c'est-à-dire pour deux hivernages. Le ravitaillement qu'elle vient de recevoir va lui permettre d'accomplir son second hivernage. Ce bateau, solidement construit, contient de nombreux laboratoires et est surmonté d'un moulin à vent destiné à fournir de la farine fraîche. La *Discovery* est, en outre, pourvue de tout ce qui est nécessaire pour les plus minutieuses observations géologiques, magnétiques et météorologiques. Aucun des officiers, des matelots et des savants embarqués n'a plus de trente à trente-cinq ans. Tous sont robustes et ont le ressort nécessaire pour résister aux longues solitudes. Les provisions, les instruments scientifiques, le gréement, les machines, tout a été vérifié avec le plus grand soin. Et même, pour se distraire, ces Anglais qui partent au pôle Sud ont emporté l'appareil d'un jeu de *golf*. Certes, ce n'est pas l'espace qui leur aura manqué.

Une expédition aussi parfaitement organisée ne pouvait que donner d'excellents résultats.

E. Caustier.

La Mission Chevalier (Chari-Lac Tchad). — On se souvient qu'après un long voyage scientifique dans la région du Niger en 1899, M. Chevalier, de retour à Saint-Louis, avait été immédiatement adjoint à la nouvelle Mission chargée par M. le Gouverneur général Chaudié d'étudier sur place les richesses naturelles du Sénégal. Le jeune explorateur rapporta de ce séjour de dix-huit mois au Sénégal-Soudan une ample récolte botanique, dont il entreprit, à son retour en France, l'étude systématique. Quelques mois après, reçu docteur ès sciences, il ne tardait pas à rêver un nouveau départ à l'effet de compléter les notes et documents déjà recueillis.

Le Ministère de l'Instruction publique et la Direc-

tion de l'Enseignement supérieur, pensant que les régions bien mal connues du Chari et du lac Tchad devaient fournir bien des renseignements intéressants à divers points de vue, chargèrent M. Chevalier d'organiser une expédition scientifique dans ces contrées. L'importance d'une semblable mission n'échappera à quiconque au courant des choses coloniales, et il suffit de rappeler que l'Allemagne organise en ce moment une véritable expédition, chargée de remonter du littoral africain allemand au Tchad dans le but de noter les ressources à tirer du mystérieux continent noir, dont une parcelle chaque jour entre dans le domaine des connaissances acquises par les Européens.

On adjoignit à M. Chevalier, pour cette Mission, le Dr Decorse, médecin militaire, dont les recherches zoologiques à Madagascar avaient déjà démontré la sagacité et l'érudition, M. Courtet, officier d'administration ayant habité longtemps les colonies et chargé de l'organisation matérielle de la Mission et aussi de la partie topographique, géologique, etc. Enfin, sur la demande de M. Chevalier, on leur adjoignit un jardinier distingué, M. Martret, son but étant de tenter au plus vite des essais de culture des plantes susceptibles d'applications immédiates à l'alimentation ou à l'industrie.

M. Chevalier partit avant ses collègues, en mai 1902, mandé télégraphiquement par M. le Gouverneur du Sénégal, désireux de le consulter sur l'organisation agricole de la colonie, et il exposa ses idées devant la Chambre de Commerce de Saint-Louis, convoquée à cet effet.

Après ce séjour au Sénégal, pendant lequel il visita le Baol, le Cayot, Richardtoll, etc., il s'embarqua à Dakar le 18 juin avec le reste de la Mission, qui l'avait rejoint. Après avoir touché au Dahomey, la Mission s'organisa à Brazzaville, et prit là un bateau qui la remonta jusque dans l'Oubanghi. Déjà, à ce moment, M. Chevalier faisait part à l'Académie des Sciences de ses observations sur certaines lianes que M. le Professeur Arnaud étudie au point de vue de la teneur en caoutchouc.

Après avoir quitté les rives de l'Oubanghi, la Mission parcourut certaines régions du territoire civil de l'Oubanghi (Kemo, Tomi, Ombella), et se disposa à passer à Krébedjé la majeure partie de la saison des pluies. M. Martret s'appliqua de suite à défricher deux hectares de terrain pour y faire des semis; mais ce travail devait lui être fatal, et bientôt il était atteint par la terrible fièvre biliaire hématurique. Le Dr Decorse, à son tour, fut pris d'un accès grave de dysenterie, et M. Chevalier, lui aussi, ressentit quelques accès de fièvre.

Heureusement, les nouvelles récentes semblent meilleures. MM. Chevalier et Courtet, abandonnant leurs amis, sont partis pour Fort-Crampel, puis de là au Dar-Bonda chez le sultan Snoussi, auteur du massacre de la Mission Crampel; une de leurs dernières lettres, datant du 14 décembre, vient de Ndellé, capitale des Etats du sultan Snoussi, où la Mission fut accueillie par « plusieurs journées de fêtes dont la Botanique souffre; mais, dit M. Chevalier, il faut bien aussi sacrifier aux mondanités dans l'Afrique centrale ». Le phonographe fit merveille sur le sultan et son entourage.

D'une lettre plus récente, datant du 6 janvier 1903, et présentée par M. Hamy à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, il ressort que la Mission a nettement déterminé et relevé les sources du Chari, et qu'elle est arrivée à l'heure présente sur les bords d'un lac immense, d'une étendue au moins égale à celle du Tchad, qui n'est mentionné sur aucune carte et qui n'a pas encore été exploré. Cette exploration aurait découvert le point de convergence probable des trois bassins: Chari, Congo (Oubanghi) et Nil.

Tous ces résultats ont été obtenus grâce à l'appui du sultan Snoussi, l'ancien adversaire de Crampel. L'attitude de ce chef, dit M. Chevalier, a totalement changé à l'égard des étrangers. C'est lui qui a fourni à la Mission ses principaux moyens d'action, porteurs et vivres; il lui a même donné pour guide son propre fils. Aussi l'explorateur demande au Gouvernement et à l'Académie de lui faire parvenir, avec les présents d'usage, une lettre de remerciement, écrite en arabe, qu'il se chargera de remettre au sultan Snoussi. MM. Barbier de Meynard, Hamy et Houdas ont été chargés de la rédaction de ce document.

M. Chevalier a recueilli de la bouche du fils de Kouheur, ancien sultan du Darkouti, des renseignements sur les circonstances encore inconnues dans lesquelles la Mission Crampel a été massacrée :

« L'agression fut ordonnée par Rabah ou un de ses lieutenants. Elle avait pour but de s'emparer des armes de la Mission. Crampel fut assassiné à Djangara, près Chah, au moment où il allait entrer dans le Dar-Rounga, par un nommé El Kharitin, qui est mort en 1902, étranglé par un lion. »

Après l'exploration du massif montagneux d'où descendent les affluents de droite du Chari, M. Chevalier rejoindra le Territoire militaire du Chari et gagnera le lac Tchad, qu'il ne compte atteindre que dans le courant de juillet prochain.

Quant à M. Martret, convalescent, il a pu voir germer ses semis, et son jardin d'essai marcher vers la réussite. Il y a tout lieu d'espérer que sa santé lui permettra de tirer le bénéfice d'un travail si dangereux sous ces climats à l'époque des pluies.

Le Dr Decorse a du rester à Krebedjé, où il travaille de son mieux à la préparation des peaux et des insectes.

Pour ce qui est des résultats acquis par M. Chevalier, il faudrait citer toutes ses lettres. « Nos collections s'accroissent prodigieusement, écrivait-il en novembre; j'ai déjà récolté plus d'espèces de plantes que dans ma campagne du Soudan. » Il venait de traverser une petite forêt d'*Encephalartos* qui avait eu l'inconvénient de ne pas lui fournir d'ombre et de lui présenter des épines de tous côtés, mais aussi l'avantage de lui permettre de « se promener dans des paysages liasiques ».

Il ajoute aussi quelque part : « Je commence à trouver des lois générales sur la vie des plantes de la brousse soudanaise. L'adaptation à la sécheresse, aux feux de brousse, à la dent des grands herbivores a transformé complètement ces végétaux, qui appartiennent aux mêmes familles que les espèces équatoriales du Congo, mais n'en ont ni l'ampleur ni la luxuriance. Les plantes à latex, à gomme, à mucilage foisonnent, et ces produits doivent jouer, soit comme substances de réserve, soit comme substances protectrices, un rôle énorme dans la vie des plantes du Soudan ».

§ 8. — Universités et Sociétés

La séance annuelle de la Société de Géographie de Paris. — Cette Société a tenu son assemblée générale le 24 avril 1903, sous la présidence de M. A. Grandidier, membre de l'Institut.

L'élection pour la composition du Bureau de l'année 1904 a donné les résultats suivants :

Président : M. A. Grandidier;

Vice-présidents : M. Etienne, vice-président de la Chambre des députés, et M. Vidal de la Blache;

Commission centrale : M. Edmond Perrier, directeur du Muséum.

Après l'allocution du président, le secrétaire général, M. le baron Hulot, a donné lecture de son Rapport sur les prix qui ont été décernés par la Société pour l'année 1903 et dont voici la liste complète :

Grande médaille d'or de la Société : M. Auguste Pavie, pour ses explorations en Indo-Chine (1879-1895). (Des médailles d'argent sont accordées aux collaborateurs de M. Pavie.)

Prix Pierre-Félix Fournier (médaille spéciale et 1.300 francs) : M. Jean Brunhes, professeur, pour son ouvrage « L'irrigation, ses conditions géographiques,

ses modes et son organisation dans la péninsule ibérique et dans l'Afrique du Nord ».

Prix Ducros Aubert (médaille d'or et 1.400 francs) : M. Emile Gautier, professeur, pour ses travaux de Géographie physique sur Madagascar.

Prix Henri Duveyrier (médaille d'or) : le commandant Deleuze, pour ses explorations et ses travaux scientifiques dans le Sahara (1900-1902).

Prix Alexandre de la Roquette (médaille d'or) : M. O. Sverdrup, pour son exploration de l'Archipel polaire américain (1898-1902).

Prix Jules Girard (médaille d'or) : M. A. Hautreux, pour ses travaux océanographiques (1877-1902).

Prix Léon Dewez (médaille d'or) : le baron Edmond de Mandat-Grancey, pour ses relations de voyages (1884-1902).

Prix Auguste Logerot (médaille d'or) : M. Paul Labbé, pour sa mission dans l'Asie russe et le Japon (1900-1902).

Prix Louise Bourbonnaud (médaille d'or) : M. Emile Baillaud, pour sa participation à la mission Trentinian et son ouvrage « Les routes du Soudan ».

Prix Conrad Malte-Brun (médaille d'or) : le Professeur Cvijic, pour ses explorations scientifiques dans la presqu'île des Balkans (1888-1903).

Prix Erhard (médaille d'or) : M. Henry Barrère, pour ses publications topographiques et géographiques.

Prix Charles Maunoir (médaille de vermeil) : le lieutenant Jean Tilho, pour ses travaux géographiques sur le moyen Niger (1899-1902).

Prix Juvénal Dessaignes (médaille de vermeil) : le Professeur Augustin Bernard, pour ses publications géographiques sur l'Afrique du Nord.

Prix J. Janssen (grande médaille d'argent) : M. Georges Bruel, administrateur colonial, pour son exploration du Haut-Chari (1896-1901).

Prix William Huber (grande médaille d'argent) : M. Paul Privat-Deschanel, pour ses études sur le Beaujolais.

Prix Francis Garnier (médaille d'argent) : le marquis Pierre de Barthélemy, pour ses explorations en Indo-Chine (1894-1902).

Prix Alexandre Boutroue (grande médaille d'argent) : M. Gabriel Ferrand, pour son ouvrage « Les Musulmans à Madagascar et aux Comores ».

Prix A. Molteni (grande médaille d'argent) : le baron de Baye, pour ses collections photographiques de Russie et d'Asie russe.

Prix Alphonse Milne-Edwards (grande médaille d'argent) : Mme la comtesse du Bourg de Bozas, pour son tour du monde.

Prix Alphonse de Montherot (grande médaille d'argent) : Mme O. Coudreau, pour ses voyages au Trombetos et au Cumina (1899-1900).

Médaille d'argent de la Société : le R. P. Piolet, pour son Histoire des missions catholiques.

Médaille d'argent de la Société : M. Paul Lemosof, pour son ouvrage « Le livre d'or de la Géographie ».

Prix Charles Grad (grande médaille d'argent) : le capitaine Robert Normand, pour sa carte de Konakry au Niger (1899-1901).

Prix Jomard (monuments de la Géographie), à M. J. Chavanon, pour ses études historiques et géographiques.

A l'occasion du prix accordé au Suédois M. O. Sverdrup, le Ministre de Suède en France prononce quelques paroles de remerciements et annonce que le roi de Suède et de Norvège, appréciant la valeur scientifique de la Société, a tenu à lui donner un témoignage de son estime en décorant de la croix de commandeur de l'Etoile polaire M. Grandidier, son président, et le baron Hulot, son secrétaire général.

Le reste de la séance a été consacré à une intéressante conférence de M. Lacroix, professeur au Muséum, chef de la Mission scientifique de la Martinique, qui, en termes excellents, a fait l'exposé des principaux résultats de ses deux missions aux Antilles. Après avoir indiqué les grands traits de la géographie et de la géologie de la Martinique, il montra quelles sont les caractéristiques de l'éruption en cours. Le cratère unique est formé par une ancienne *caldeira*, c'est-à-dire un bassin circulaire dont le fond était occupé par un étang sec. Cette caldeira s'ouvre au sommet de la Montagne Pelée, mais présente du côté du Nord-Ouest une profonde échancrure qui a eu une influence néfaste sur les résultats de l'éruption, car elle est dirigée vers Saint-Pierre. De ce cratère sont parties les projections de gaz et de vapeur d'eau chargée de cendres, de lapilli et de bombes que l'on observe dans tous les volcans. Mais il y a eu, en outre, deux phénomènes spéciaux importants : production d'un *dôme de lave* et de *nuées ardentes*.

La lave andésitique, peu fusible, se consolidant dès son arrivée au jour, n'a pas formé de coulée; elle s'est accumulée au fond du cratère, et, peu à peu, a élevé un pic qui a bientôt dépassé les bords du cratère et s'élève aujourd'hui à plus de 300 mètres au-dessus de celui-ci. M. Lacroix, à l'aide de photographies prises presque chaque jour pendant six mois, fait assister à la naissance de ce pic, qui constitue aujourd'hui le sommet le plus élevé des Antilles.

Des parois de ce dôme, partent les nuées ardentes, formées par un mélange de vapeurs, de cendres et de blocs à haute température, roulant jusqu'à la mer en comblant les ravins et emportant tout sur leur passage. C'est ce phénomène terrifiant qui a détruit Saint-Pierre. Le conférencier présente de nombreuses photographies d'une nuée ardente en marche, de la ville détruite, ainsi que des divers types de ravages causés par les inondations, les secousses ou les éruptions. Il termine par un parallèle des effets des volcans de la Martinique et de Saint-Vincent. Enfin, il insiste sur la localisation des désastres dus aux volcans dans le Nord de la Martinique et sur la tranquillité de tout le reste de notre colonie.

Le Congrès international de Médecine ; session de Madrid (avril 1903). — Cette session avait attiré à Madrid plus de cinq mille médecins. L'organisation en a été tellement défectueuse que la plupart des adhérents ont abandonné le Congrès pour aller se promener à Tolède, Cordoue, Séville, Grenade, voire même à Tanger, et tous sont revenus enchantés de ce petit voyage. **L. O.**

Bibliothèque nationale. — Le prix d'Histoire et d'Archéologie américaines, fondé à la Bibliothèque nationale par M. Léon Angrand, ancien Consul général, vient d'être décerné pour la seconde fois, par un jury international.

Ce prix quinquennal de 5.000 francs a été obtenu cette année par M. le Dr René Verneau, assistant d'Anthropologie au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, pour un ouvrage intitulé les *Anciens Patagons*, publié aux frais de S. A. le prince de Monaco. C'est un excellent commentaire des collections anthropologiques et ethnographiques accumulées au Muséum et au Trocadéro au cours de ces dernières années.

Le jury a tenu à mentionner honorablement les recherches de M. Carl Lumholtz, qui avait adressé plusieurs mémoires curieux et neufs sur diverses tribus de la Sierra Madre, et notamment sur les Huicholes et les Tarahumaras.

Personnel universitaire. — M. Perrier, docteur ès sciences, est nommé maître de conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Rennes.

M. Pélabon, maître de conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Lille, est nommé professeur-adjoint à ladite Faculté.

M. Rigollot, docteur ès sciences, chargé d'un cours complémentaire de Physique industrielle à la Faculté des Sciences de Lyon, est nommé professeur-adjoint à ladite Faculté.

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
D'HIPPARQUE A PTOLÉMÉE ET A KÉPLER

Les journaux scientifiques ne sauraient jamais trop insister sur la continuité effective du développement de la Science depuis l'Antiquité la plus reculée jusqu'à nos jours. Ce développement ne comporte aucune rupture radicale avec le passé; il s'accomplit non par poussées indépendantes, dénuées de tout lien avec les idées ambiantes, mais par l'élargissement progressif du champ de nos acquisitions, par la fusion des découvertes antérieures avec les faits récemment mis au jour. Si les anciens cadres se brisent, leur contenu, conservant la vie intérieure, vient prendre place dans une conception plus compréhensive et de plus en plus exacte des phénomènes naturels.

Aujourd'hui encore on peut, en mainte discipline, se servir avec profit des formules anciennes pour figurer et même calculer, à la vérité, avec moins de rigueur, mais aussi d'une façon plus saisissante qu'avec nos théories actuelles, plus compliquées, certaines relations entre des faits de divers ordres. C'est ainsi que la théorie des épicycles des anciens astronomes grecs est encore très utile au calcul pour représenter, dans notre système planétaire, les mouvements dus à la mutuelle attraction des planètes et qui viennent perturber celles-ci sur leurs ellipses primaires.

A bien examiner le saut énorme qu'a dû faire la pensée humaine pour passer de la conception d'une position centrale et immobile à la théorie du mouvement de la Terre autour du Soleil, on reconnaîtra que le progrès scientifique s'est poursuivi avec une parfaite constance. Il faut avouer que parfois les protagonistes des théories nouvelles ne ménagent pas à leurs adversaires les vives paroles. Mais ces luttes elles-mêmes n'ont pu jusqu'à ce jour notablement troubler le strict enchaînement intérieur qui régit le progrès de la connaissance scientifique, à mesure qu'elle s'élargit et se précise. Ainsi, nous voyons Copernic, après avoir fait éclater à la lumière la nouvelle conception du Monde, apprécier la place occupée dans la science par son prédécesseur Ptolémée, le principal représentant de l'ancienne doctrine de l'immobilité de la Terre, en des termes émus qui rappellent les paroles de Jésus : « Je ne suis pas venu pour renverser la loi, mais pour l'accomplir. »

Il est présentement d'une importance capitale de se bien pénétrer de ces idées sur le progrès de l'œuvre de l'esprit humain. Quand on demande à des intelligences insuffisamment préparées, à certains littérateurs quelque respect pour la valeur du travail intellectuel accompli jusqu'à nos jours, il n'est pas rare de s'entendre répondre que les théories modernes de la science orthodoxe pourraient être renversées tout aussi complètement que l'a été la doctrine de Ptolémée par celle de Copernic.

Ce malentendu s'est récemment manifesté d'une façon bien caractéristique dans la tentative de ceux qui ont voulu infirmer complètement la loi d'attraction de Newton. Ils s'appuyaient sur les efforts des mathématiciens et des physiciens qui, d'après les points de vue de l'Énergétique moderne, cherchent à approfondir et à compléter la forme actuelle sous laquelle on se représente la loi d'attraction. Il fallut de grands efforts pour persuader à ces critiques que les perfectionnements de la théorie de l'attraction ne peuvent pas même faire indirectement suspecter les magnifiques résultats qu'elle nous a fournis dans la conquête des phénomènes du mouvement, tant qu'on s'en tient à des durées et à des espaces finis. Au contraire, ces progrès doivent, d'une part nous donner une intelligence plus haute de ces résultats eux-mêmes, et d'autre part tendre à élargir le domaine de l'application et de l'emploi d'une théorie encore plus féconde, par delà certaines limites du temps et de l'espace, jusque dans les profondeurs du Monde observé dans son ultime petitesse.

C'est dans cet esprit que je voudrais exposer ici quelques réflexions au sujet d'une des découvertes les plus importantes de l'Astronomie grecque, que nous avons toutes raisons d'attribuer à Ptolémée et qui a formé elle-même l'indispensable préambule à la découverte de la *loi des aires* par Képler. Cette loi, suivant laquelle la droite qui joint une planète sur son orbite elliptique avec le Soleil placé à l'un des foyers de l'ellipse (rayon vecteur), décrit des surfaces égales dans des temps égaux, a été la base véritable de toutes les découvertes de Képler, et, plus tard, a servi à Newton pour établir la loi de l'attraction.

I

Jetons d'abord un regard sur la première apparition dans l'Antiquité de l'idée d'*excentricité* dont est sortie la découverte de Ptolémée, et ensuite la découverte de la loi des aires par Képler.

Dès les premiers âges, la pensée humaine avait,

dans la rotation diurne du Ciel, des étoiles fixes, une image du mouvement le plus simple et, pour ainsi dire, le plus idéal. Chaque étoile semblait décrire, d'une vitesse constante, une trajectoire circulaire autour d'un axe dirigé vers le *pôle*, ou point immobile en apparence pendant ce déplacement journalier. Le mouvement circulaire et uniforme fut ainsi le premier pas dans l'explication et la représentation des déplacements du Soleil, de la Lune et des cinq autres *étoiles errantes* ou planètes.

En réalité, le Soleil semble parcourir dans l'intervalle d'une année un cercle en sens inverse, incliné d'un certain angle (obliquité de l'écliptique) sur le grand cercle de la rotation diurne des étoiles ou équateur céleste. L'écliptique a avec l'équateur céleste deux points d'intersection exactement opposés. Au milieu de l'un des demi-cercles ainsi détachés se trouve le point où le Soleil est à son écart maximum vers le Nord, tandis qu'au milieu de l'autre demi-cercle se trouve le point où est le Soleil à son écart maximum au sud de l'équateur céleste.

Quand le Soleil passe à l'un des points d'intersection de son orbite oblique avec l'équateur, les jours et les nuits ont des durées égales; il se lève alors exactement à l'Est et se couche à l'Ouest. Le Soleil, au point le plus élevé de sa trajectoire boréale, donne à midi les ombres les plus courtes et fournit alors la plus longue journée, tandis qu'au point le plus bas de sa trajectoire australe, il donne les ombres les plus longues et la journée la plus courte.

Ces quatre points partagent en quatre parties exactement égales la rotation annuelle du Soleil sur son orbite apparente. Et, si le mouvement du Soleil est non pas seulement circulaire, mais, de plus, uniforme, il lui faudra des temps égaux pour parcourir ces quatre angles ou arcs égaux. En d'autres termes, les intervalles successifs entre l'équinoxe de printemps, le solstice d'été, l'équinoxe d'automne, le solstice d'hiver et l'équinoxe de printemps devraient être exactement chacun le quart de l'année.

Or, on a su de très bonne heure, en observant le retour d'une même position du Soleil, que la durée de l'année comprend, à très peu près, 365 jours et un quart. Il s'ensuivait que chacun des intervalles précédents, ou chacune des saisons, devait contenir 91 jours et 1/3, à très peu près. Mais, déjà 2.000 ans avant l'ère chrétienne, on avait pu observer, dans les pays civilisés d'alors, que le semestre d'été, compris entre l'équinoxe de printemps et l'équinoxe d'automne, dépasse d'un peu plus de 5 jours le semestre d'hiver, qui va de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps. Vers l'an 600 avant Jésus-Christ, cette différence atteignait même 7 jours; un peu plus tard, elle est arrivée à preque 8 jours; présentement, elle ne vaut pas tout à fait 8 jours, et est en train de diminuer.

Dès les temps les plus reculés de l'Astronomie grecque, on s'était rompu la tête à chercher l'explication de cette « anomalie ». Le grand astronome grec Hipparque, environ 140 ans avant Jésus-Christ, fut le premier à traiter scientifiquement ce problème avec quelque succès. Il avait établi que, de son temps, l'intervalle entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été valait 94 jours et 1/2, et l'intervalle entre le solstice d'été et l'équinoxe de d'automne, 92 jours et 1/2. Ainsi le semestre d'été valait 187 jours; il restait pour le semestre d'hiver 365 jours et 1/4 moins 187, soit 178 jours et 1/4.

Bien que, dès avant Hipparque, les *philosophes de la Nature* aient mis en doute la position centrale de la Terre, et se soient même élevés jusqu'à l'idée de son mouvement autour du Soleil, l'Astronomie elle-même se tint strictement à la *position centrale* et à l'*immobilité* de la Terre. Admettre un mouvement terrestre aurait soulevé encore trop d'objections mathématiques et physiques, qui à cette époque, dans l'état actuel de la théorie du mouvement, devaient encore être décisives.

C'est pour ces raisons qu'Hipparque a laissé la Terre immobile et admis la circulation du Soleil autour d'elle; mais il n'a pas hésité à sacrifier la position centrale de la Terre, cet abandon lui semblant donner l'explication la plus simple de l'*inégalité* constatée dans le mouvement annuel du Soleil.

En effet, le Soleil continuant à se mouvoir uniformément sur un cercle dont la Terre n'occupait plus le *centre*, l'inégalité des saisons s'expliquait très simplement. Si la Terre est excentrée dans le demi-cercle décrit par le Soleil pendant le semestre d'hiver, on s'expliquait parfaitement que, vu de la Terre, le mouvement *uniforme* du Soleil puisse paraître plus rapide pendant cet intervalle, et ralenti, au contraire, pendant l'été. Les points équinoxiaux opposés l'un à l'autre, par rapport à la Terre, devenaient alors les extrémités d'une corde et non plus d'un diamètre du cercle. Par suite, si on les regarde du centre de l'orbite en tenant compte du déplacement *uniforme* du Soleil, ils doivent paraître distants l'un de l'autre de moins d'une demi-circonférence, en allant de l'équinoxe d'automne à celui de printemps, et de plus d'une demi-circonférence, en allant de l'équinoxe de printemps à celui d'automne.

Hipparque avait trouvé, en outre, que la durée écoulée entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été était de deux jours plus courte que la durée entre le solstice d'été et l'équinoxe d'automne. Il

était clair alors que la position excentrique de la Terre devait être aperçue depuis le centre de l'orbite du Soleil dans une direction tombant entre la position du Soleil à l'époque de l'équinoxe d'automne et sa position au solstice d'hiver.

Cette explication, très voisine de la vérité dans les grandes lignes, fournissait ainsi l'idée première de l'excentricité. En même temps, la direction de la ligne qui joint le centre de l'orbite solaire avec la Terre rejetée hors du centre, formait le premier jalon pour orienter l'esprit vers le mouvement elliptique. Seulement, au lieu du mouvement de la Terre autour du Soleil, on admettait encore, comme base de cette représentation, le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre, ce qui ne changeait rien d'essentiel dans cette forme d'explication mathématique.

Hipparque obtint 1/25 pour la valeur de l'excentricité, c'est-à-dire pour le rapport entre la distance de la Terre au centre de l'orbite apparente du Soleil et le rayon de cette circonférence. Cette valeur est un peu plus grande que le double de la distance existant réellement entre le Soleil et le centre de l'orbite elliptique de la Terre. Nous allons voir la signification de cette erreur.

Supposons que le mouvement d'une planète s'effectue autour d'un corps central, sous l'influence de leur attraction newtonienne réciproque, suivant une ellipse dont le corps central occupe un des foyers, et d'accord avec la loi des aires, décrite par le rayon vecteur qui joint la planète au foyer. Pour presque toutes les grandes planètes et aussi pour notre Terre, il arrive que cette excentricité, ou distance de chacun des foyers au centre de l'ellipse, est très petite, et ce mode de mouvement est susceptible d'être représenté avec une très grande approximation au moyen des simplifications suivantes :

Tout d'abord, on suppose la trajectoire circulaire. On prend ensuite sur un diamètre, et symétriquement par rapport au centre, deux points destinés à déterminer le mouvement, et qui représentent les foyers de l'ellipse. Le corps central se trouve à l'un de ces points. L'autre point sert de centre au mouvement angulaire uniforme de la planète, dont le déplacement *n'est plus uniforme* sur son orbite. Ainsi, dans ce mode de figuration, on a affaire, en outre de l'orbite circulaire, encore à trois autres points, qui sont : le centre de la circonférence, dont la planète est toujours également éloignée, — ensuite, l'un des foyers servant de centre au mouvement angulaire uniforme, — enfin, l'autre point, symétriquement placé, et où se trouve la Terre, suivant l'ancienne théorie.

Avec cette représentation approximative du mouvement sur une ellipse, dont un des foyers est occupé par le corps attirant, on peut avoir effectivement la variation de position apparente du Soleil dans le Ciel autour de la Terre. Les erreurs n'atteignent pas même une minute d'arc par rapport à la détermination exacte de l'excentricité : c'est là une différence à peine appréciable dans les mesures faites à l'œil nu.

Ce mode de représentation nous explique comment Hipparque devait trouver le double de l'excentricité réelle de l'orbite elliptique, quand, partant de l'inégalité observée dans le mouvement angulaire du Soleil, il calculait la distance de la Terre au centre du mouvement angulaire uniforme admis pour le Soleil.

Avec le tracé qu'on vient d'exposer et qui est très suffisamment approché, Hipparque devait obtenir la distance des deux foyers de l'ellipse exprimée à peu près par rapport au rayon du cercle. Cette valeur atteignait alors 1/28, tandis que ses observations lui donnaient 1/25.

Mais ni Hipparque, ni plus tard Ptolémée (140 ans ap. J.-C.) ne se contentèrent de ce premier pas dans la représentation des irrégularités offertes par le cours apparent du Soleil dans le Ciel en chaque année. Tous deux ont encore loyalement cherché à savoir si le centre du mouvement angulaire uniforme, rejeté par eux hors de la Terre, est aussi le véritable centre de l'orbite, c'est-à-dire si les distances du Soleil à la Terre varient dans l'année comme le veut la valeur trouvée pour la distance de la Terre au centre du mouvement angulaire... uniforme et circulaire.

Il est clair que la distance du Soleil à la Terre doit, d'après la théorie de l'excentrique d'Hipparque, être trouvée la plus petite possible quand le Soleil, vu du centre de son orbite, est dans la même direction que la Terre. Cette distance est maximale, au contraire, quand le Soleil est du côté opposé sur sa trajectoire. Dans le premier cas, la distance du Soleil à la Terre est égale au rayon de son orbite, moins l'excentricité, c'est-à-dire que, si l'on prend le rayon comme unité, cette distance est à $1 - 1/25$; — dans le dernier cas, elle est égale au rayon augmenté de l'excentricité, c'est-à-dire à $1 + 1/25$.

La variation de la distance du Soleil à la Terre ne pouvait s'obtenir d'une façon simple que par la considération de la grandeur apparente du disque solaire vu de la Terre. La valeur moyenne de ce diamètre apparent est 32 minutes. D'après les raisonnements qui précèdent, ce diamètre doit, à l'époque du périgée, c'est-à-dire à la fin de l'automne, nous paraître plus grand de 1/25 de sa valeur moyenne, c'est-à-dire d'environ 1',3 d'arc, et à l'apogée (alors au début de l'été) nous sembler plus petit de 1/25, c'est-à-dire de 1',3 par rapport à

sa valeur moyenne. La différence entre les deux positions extrêmes devait atteindre 2',6, d'après les déterminations d'Hipparque, et aurait ainsi dépassé la limite de précision des observations possibles à une époque où l'on ne pouvait l'étudier qu'à l'œil nu.

Pas plus qu'Hipparque, et malgré de nombreuses et ingénieuses tentatives, Ptolémée ne put réussir à constater une semblable variation, et les choses en restèrent là

En réalité, le maximum de variation annuelle de l'angle sous lequel est vu de la Terre le diamètre du Soleil, avec la représentation approchée qu'on vient d'exposer pour le mouvement elliptique, est déterminé, non par la distance entière mesurée par Hipparque entre la Terre et le centre du mouvement angulaire uniforme, mais par la moitié seulement de cette distance, c'est-à-dire par la distance de la Terre au centre de l'orbite. Cette valeur, qui est l'excentricité simple, atteignait alors la moitié de 1/28, soit 1/56 : ainsi, le maximum du diamètre apparent du disque solaire surpassait de 1/56 sa valeur moyenne, et le minimum était moindre de 1/56 ; par suite, la variation totale annuelle dépassait à peine une minute d'arc. Cette quantité restait, en réalité, absolument inappréciable à l'œil nu tant que l'on ne savait pas utiliser l'observation de l'image du Soleil, agrandie dans ce qu'on appelle la chambre obscure.

II

Ptolémée devait cependant réussir, sinon dans la théorie du Soleil, tout au moins dans sa théorie des mouvements planétaires, à perfectionner la théorie de l'excentricité, avec les deux foyers placés symétriquement par rapport au centre de l'orbite. Il y parvint presque par la voie même où Hipparque et lui-même avaient en vain cherché la loi de variation des distances. Il observa les variations de l'angle sous lequel se voit de la Terre, au cours d'une année, un cercle beaucoup plus grand que le disque du Soleil ; ce cercle est l'orbite de Vénus.

La trajectoire elliptique de Vénus autour du Soleil se rapproche encore plus du cercle que celle de la Terre. Vénus, déjà d'après les idées les plus anciennes, et comme Mercure, décrivait dans le Ciel une circonférence fermée autour du Soleil. Mais Mercure possède la trajectoire la plus excentrique parmi les planètes connues des Anciens. Avec les recherches plus soignées des astronomes grecs, il y avait les plus grandes difficultés à admettre que le Soleil fût le centre de son orbite. Les très grandes variations de l'angle sous lequel on voit de la Terre se projeter sur le Ciel les élongations maximales apparentes de la planète (entre 18° et 28°) s'expliquaient seulement au moyen d'hypothèses très artificielles sur le mouvement du centre de son orbite. Et c'est seulement en gros qu'on pouvait égaler la durée de révolution de ce centre à la durée de révolution observée dans le mouvement apparent du Soleil.

Il fallait bien admettre aussi quelque chose d'analogue pour Vénus, malgré la symétrie assez parfaite des positions de cette planète à ses écarts maximaux du Soleil, comme étoile du matin et étoile du soir. On admettait ainsi que Vénus circule autour d'un centre dont le mouvement dans le ciel coïncide à peu près avec celui du Soleil, mais dont la trajectoire doit cependant être recherchée séparément. La symétrie des élongations maximales de Vénus par rapport au Soleil devait naturellement conduire à une loi d'excentricité pour le mouvement angulaire annuel de ce centre, presque identique avec celle même du Soleil. On trouva que le mouvement annuel effectué par le centre de l'orbite de Vénus autour de la Terre présente aussi des inégalités qui correspondent à celles du mouvement du Soleil. Et l'on fut amené pareillement à supposer l'existence, à une certaine distance de la Terre, d'un point d'où ce mouvement pût paraître uniforme, et tel que sa distance à la Terre fût à peu près dans le même rapport que pour le Soleil, par rapport au rayon de l'orbite en question.

Ainsi, les angles d'élongation de Vénus par rapport au Soleil ou au centre de son orbite même, fournissaient un instrument bien plus sensible pour étudier les variations annuelles des distances de ce centre à la Terre. La méthode n'avait échoué sur le disque du Soleil que par suite de la limite de précision des mesures. Le rayon de l'orbite de Vénus apparaissait de la Terre sous un angle voisin de 46° en moyenne, tandis que le rayon apparent du disque solaire ne vaut guère plus de 16 minutes.

Quand le centre de l'orbite de Vénus est à son périgée, un calcul simple, établi sur l'excentricité trouvée par Ptolémée en partant des mouvements angulaires, montre que le rayon doit paraître augmenté d'environ 2°,4 par rapport à la valeur moyenne de 46° et diminué de même de 2°,4 aux époques d'apogée. Ainsi, d'après la seule théorie de l'excentrique d'Hipparque, le plus grand écart aurait dû atteindre environ 4°,8. Or, Ptolémée trouva très nettement une valeur de 2°,5, c'est-à-dire à peu près la moitié seulement de ce qu'exigeait la théorie de l'excentrique d'Hipparque. Guidé par ce fait, Ptolémée eut l'heureuse idée de placer entre l'astre central et le centre du mouvement angulaire uniforme le centre des distances, c'est-à-dire le centre de l'orbite réelle, et de partager ainsi l'excentricité en deux parties égales, comme on s'exprimait alors. Tel est son titre à la découverte

de cette représentation approximative du mouvement elliptique, en suivant la loi des aires, telle qu'on l'a exposée plus haut.

C'est cette approximation qui servit ensuite de point de départ à Képler pour découvrir la loi des aires elle-même et la forme elliptique des orbites planétaires.

Ptolémée généralisa cette méthode de subdivision de l'excentricité pour expliquer les mouvements de Mars, de Jupiter et de Saturne. Ici aussi, la loi trouvée précédemment pouvait représenter les variations de distance de ces planètes à la Terre et au Soleil, et les grandeurs différentes et variables sous lesquelles l'orbite terrestre est vue depuis ces planètes. En même temps, ces diverses valeurs devenaient perceptibles et mesurables sur les formes compliquées que la perpective fournit pour ces mouvements vus de la Terre.

L'excentricité plus grande de l'orbite de Mars et ses mouvements plus compliqués n'auraient pas donné cette loi d'une façon aussi simple et aussi immédiate que l'orbite de Vénus. Pour Jupiter et Saturne, les angles sous lesquels on voit l'orbite terrestre depuis ces planètes sont déjà bien plus petits et, par conséquent, étaient beaucoup moins propres à provoquer la découverte et la démonstration de cette loi.

Copernic a passé sur ces finesses de la théorie des planètes de Ptolémée sans les approfondir. C'est seulement le génie mathématique, encore plus pénétrant, d'un Képler qui réussit à dévoiler la loi des aires cachée dans la première représentation approximative du mouvement planétaire, due à Ptolémée.

Il est bien remarquable que Ptolémée n'ait pas appliqué cette interprétation au mouvement apparent du Soleil. Sans doute, la représentation plus exacte des variations des distances que lui rendait possible la division de l'excentricité, était encore, à ses yeux, sans importance, les petites variations dans le diamètre apparent du Soleil n'étant pas encore nettement perceptibles.

Le grand pas qu'avait franchi Copernic en laissant le Soleil immobile et en donnant à la Terre un déplacement autour du Soleil, fut pour Képler le point de départ et la base d'un procédé extrêmement ingénieux. Képler utilisait la variation de position de la Terre sur son orbite autour du Soleil pour déterminer simplement par la trigonométrie la forme de l'orbite de Mars, ce qui le conduisit encore à rencontrer l'hypothèse la plus exacte possible touchant la forme de l'orbite terrestre et l'allure du mouvement de la Terre. Il semblait que ce fût là un simple cercle vicieux : pour établir la forme de l'orbite de Mars, il fallait faire des hypothèses particulières sur la forme de l'orbite terrestre. Heureusement que l'excentricité de l'orbite elliptique de Mars est presque six fois plus grande que celle de la Terre. Ainsi les erreurs que Képler ne pouvait guère éviter après avoir admis le mouvement de la Terre selon la théorie du mouvement circulaire telle que l'avait établie Ptolémée, en y comprenant le dédoublement de l'excentricité, restaient cinquante fois plus petites que celles qui subsistaient dans l'orbite de Mars après cette première représentation approximative de son mouvement elliptique. Le cercle vicieux qu'il commettait en déterminant l'orbite de Mars avec l'aide de la théorie de Ptolémée appliquée à la figuration du mouvement de la Terre, était donc, au sens mathématique, une sorte de conclusion très convergente, c'est-à-dire l'une de ces conclusions qui s'établissent d'elles-mêmes par degrés successifs et telles qu'on les voit jouer un rôle si grand et si utile dans le développement de nos connaissances. Ainsi la théorie de l'excentrique de Ptolémée et la première forme de cette théorie, l'excentrique d'Hipparque, rompant radicalement avec le dogme de la position centrale de la Terre, devinrent entre les mains de Képler le véritable fondement des nouvelles théories astronomiques.

Profr W. Fœrster,

Directeur
de l'Observatoire astronomique de Berlin.

L'IRRIGATION DANS LES INDES ANGLAISES

DEUXIÈME PARTIE : RÉSULTATS DE L'IRRIGATION PAR LES CANAUX PERMANENTS

Nous avons exposé — dans une précédente étude[1] — d'abord l'importance, pour les Indes, de l'irrigation, et ensuite les divers procédés par lesquels, soit les gouvernements, soit les particuliers, ont cherché, chacun dans sa sphère, la solution de ce problème capital. Entre ces divers procédés, nous avons dit qu'il n'en est que deux sur lesquels il soit permis de compter absolument : les puits et les canaux permanents. Les autres, réservoirs ou citernes et canaux d'inondation, causent parfois de grandes déceptions. Pour la citerne, il arrivera, — par suite soit de l'extrême perméabilité du terrain sur lequel coulent les eaux à recueillir ou reposent les eaux recueillies, soit de la sécheresse excessive de la saison, soit d'intervalles trop grands entre les périodes de pluies, intervalles qui permettent au sol successivement de s'imbiber, puis de s'assécher et de renouveler ainsi presque indéfiniment son pouvoir d'absorption, — qu'elle ne sera pas remplie ; remplie, qu'elle ne gardera pas l'eau qui lui était confiée. Pour le canal d'inondation, il arrivera qu'il n'apportera pas assez d'eau parce que le fleuve dont il dépend aura eu une crue insuffisante, ou qu'il l'apportera tardivement, après le moment favorable où les récoltes en auraient tiré double profit, ou, enfin, qu'il l'apportera tellement chargée de matières solides que le dévasement des canaux de distribution devient, chaque année, une opération indispensable et onéreuse.

Pour ces divers motifs, l'agriculteur et les gouvernements de l'Inde demandent, autant que cela est possible, leur approvisionnement d'eau aux puits et aux canaux permanents. En fait de puits, les Français sont maîtres ; les puits artésiens, — nous le savons, et les Américains le savent aussi, mais j'ai constaté combien cette affirmation étonnait les Anglo-Indiens, — sont une invention nettement française : nous n'avons rien à apprendre des autres. Il n'en est pas de même en fait de canaux permanents. Notre pays, un de ceux qui peuvent à l'ordinaire se suffire avec ce que la Nature leur a donné, se contente presque sur toute sa surface, et sauf dans ses provinces les plus méridionales, de la pluie que le ciel lui envoie. L'irrigation ne nous préoccuperait guère, n'étaient nos colonies ; mais elle nous a déjà préoccupés en Algérie, où elle nous a valu, avec quelques mécomptes, de beaux succès ; elle mérite de nous préoccuper dès maintenant en Indo-Chine et dans d'autres possessions. C'est pourquoi il n'est pas inutile de compléter notre enquête sommaire, d'entrer dans quelques détails sur les canaux d'irrigation, et de montrer les beaux résultats, d'ordre financier notamment, que les Anglais en ont obtenus.

[1] Voyez la *Revue* du 15 mai 1903, p. 480 et suiv.

I. — Les canaux permanents.

Le métier d'ingénieur hydraulicien est un métier de science, de patience et de résignation. On n'y improvise rien ; il faut tout apprendre, tout prévoir et tout craindre. L'eau est un rude adversaire. Elle sait découvrir toutes les erreurs, et fait payer cher la plus petite faute. Elle déjoue toutes les précautions et renverse les prévisions les plus raisonnables. Rudyard Kipling a conté dix fois les tours que joue et la terreur que cause aux ingénieurs la redoutable « Mère Ganges ». Si la France voulait former de bons ingénieurs d'irrigation, elle devrait ne pas se contenter de l'enseignement théorique, si élevé soit-il, qu'elle leur distribue dans ses écoles ; ni même — ce qui serait déjà bien — d'un voyage d'études qu'elle leur prescrirait de faire à Madras et au Punjab ; elle devrait demander pour eux au Gouvernement de l'Inde, — qui assurément ne la refuserait pas, — la faveur d'un stage pro-

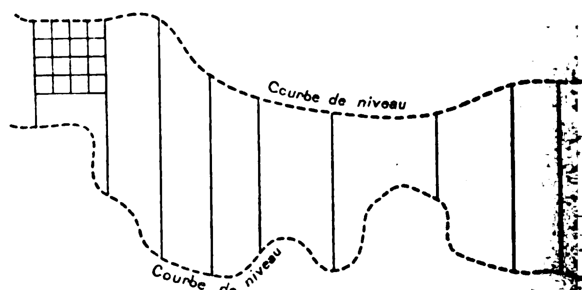


Fig. 1. — *Système de morcellement employé sur le canal de la Chenab* (*Punjab*) *et sur celui de Jamrao* (*Sind*). — L'intervalle compris entre deux courbes de niveau est divisé en vastes sections, à peu près de dimensions égales ; puis chaque section est subdivisée en petits quadrilatères, qui contiennent chacun 16 acres (unité territoriale de colonisation au Sind) ou 28 acres (unité territoriale au Punjab). — Chacun de ces quadrilatères porte un numéro d'ordre et une cote de hauteur, ce qui permet de dire tout de suite, à l'inspection du plan, si l'eau y arrive naturellement (*flood*) ou artificiellement (*lift*). — A son tour, chaque quadrilatère est subdivisé en carrés mesurant chacun 1 acre, séparés l'un de l'autre par une levée de terre ; chaque carré formera un champ, unité territoriale de l'impôt.

longé sur un ou deux des grands canaux du Nord et du Sud, pendant lequel ils apprendraient la technique si variée du métier : les ruses de l'eau qui coule, de la terre qui la boit et du paysan qui la détourne, et les contre-ruses de l'ingénieur qui règle le cours de l'eau, mesure les besoins de la terre et surveille et punit les larcins du paysan.

Les Anglais constatent que chaque jour ils font, sur le terrain de l'irrigation, des progrès techniques considérables. Ils savent mieux maîtriser l'eau, la capter, la diriger, la conduire où ils veulent. Chaque ouvrage est un enseignement. On rivalise pour le mieux, de province à province, de canal à canal. Le Punjab s'efforce de faire mieux que Madras — et il faut voir avec quel dédain un apprenti fonctionnaire de la jeune province qu'est le Punjab, néophyte intransigeant comme est la jeunesse, parle de la vieille province qu'est Madras — ; le Punjab rivalise avec les Provinces-Unies ; et, dans le Punjab même, le *Jhelum Canal* rivalise avec le *Chenab Canal*, tandis que, sur un même canal, les sections les plus récentes luttent entre elles, chacune profitant des enseignements acquis, pour les appliquer, des erreurs constatées, pour les éviter.

Autant qu'un voyageur, aussi peu technicien que je le suis, peut pénétrer des problèmes aussi spéciaux, un des plus récents progrès et l'un des plus importants que les Anglais aient réalisés dans ces derniers temps, a consisté à étendre aussi loin que possible l'aire irrigable d'un bassin donné, et à porter, presque jusqu'aux extrémités de cette aire, l'eau du canal, par le seul se-

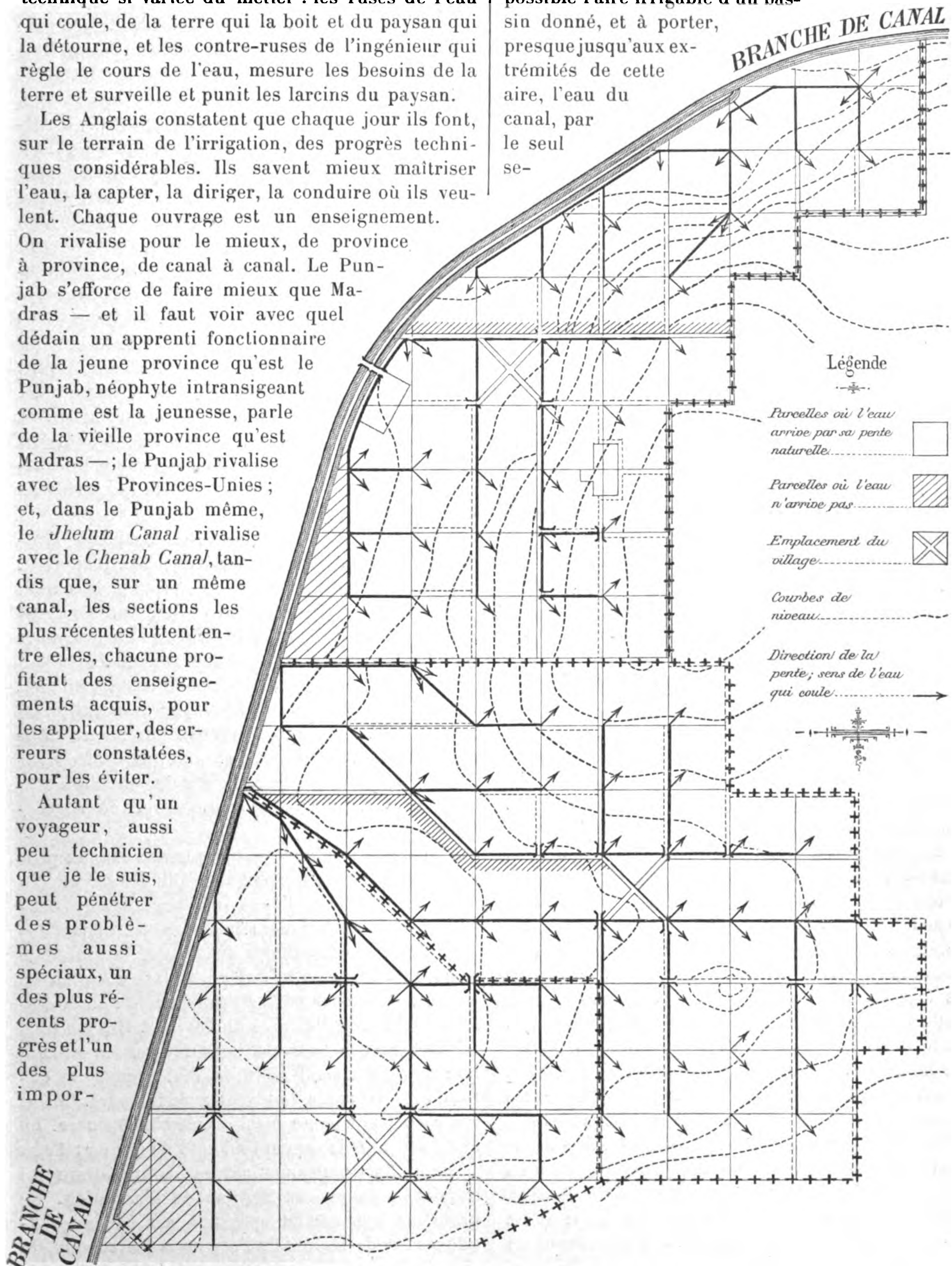


Fig. 2. — *Irrigation par les conduites secondaires le long d'une branche du Chenab Canal.*

cours du poids de l'eau et de la pente des canaux, sans que l'agriculteur, pour la faire pénétrer sur son champ, soit obligé de recourir à un procédé artificiel d'élevation. Ce progrès, ils le doivent à des nivellements mieux faits et à un emploi plus rationnel des courbes de niveau (fig. 1). Sachant exactement l'altitude de chaque région, et, dans la région, de chaque parcelle (car c'est jusque-là qu'on pousse la minutie), on dirige, en conséquence, la course des canaux et de leurs conduites secondaires (fig. 2), de manière à leur permettre de desservir les divers étages du bassin irrigable. Mais cela implique que le point où l'on saigne la rivière a été choisi lui-même à une altitude qui commande tout ce bassin. La détermination de ce point est chose délicate : on risque de le choisir ou trop haut ou trop bas.

On pourrait croire cependant que cette détermination dût être bien facile. Dans le bassin d'un cours d'eau, tout n'a pas besoin d'être irrigué. Les régions élevées, situées au voisinage de la source ou dans la partie supérieure de ce cours d'eau, reçoivent, en général, assez de pluie pour se passer d'arrosage artificiel. Celles qui attendent le secours de l'irrigation, ce sont les régions du cours moyen et du cours inférieur. Il semblerait alors logique d'amorcer le canal sur le fleuve dans la partie moyenne de son cours, là où le débit est abondant et les terres irrigables toutes proches. Mais cela serait à la fois inefficace et impraticable.

En règle générale, un fleuve, une rivière, à moins qu'il ne roule un volume d'eau prodigieux, n'en a pas assez pour irriguer de son bassin tout ce qui est irrigable. L'art de l'ingénieur est donc de placer l'ouverture du canal au point d'où il pourra détourner du fleuve le maximum d'eau. S'il choisit ce point trop bas, il laisse perdre en route une proportion énorme de l'eau disponible, qui s'infiltre dans le sous-sol ou s'évapore sans profit direct pour l'agriculture. Mais ce n'est pas là le seul obstacle. Dans la partie moyenne du fleuve, le débit est énorme, et, sous l'influence d'un courant rapide, le lit devient à la fois très large et très encaissé. Le Gange, par exemple, dans cette partie moyenne, est large de plusieurs milles et coule dans un lit encaissé, situé à 25 ou 30 mètres au-dessous des terres à irriguer. Tout canal comporte, au point où il se branche sur le fleuve, un barrage (*head works*) destiné à la fois à relever le niveau de l'eau et à en modérer quelque peu l'impétuosité. Or, un pareil barrage, placé en travers du lit du fleuve, en un point où il a déjà pris un développement considérable, et où le lit est si encaissé, serait de construction difficile et de solidité précaire. Quelle largeur, quelle hauteur, quelle résistance ne devrait-il pas présenter! Joignez-y que, par sa position même, il ne commanderait qu'une région peu étendue et ne desservirait qu'une partie de l'aire irrigable.

Pour ces raisons, il est indispensable d'amorcer le canal à un point plus élevé du cours du fleuve. Mais il faut se garder que ce point soit trop élevé. Car alors on se heurterait à de nouveaux mécomptes. Le fleuve serait, à ces hauteurs, torrentueux ; il roulerait avec lui des masses de pierres et de galets, qui s'accumuleraient contre le barrage. Ce n'est pas tout : les eaux du canal d'irrigation sont, je l'ai déjà dit, destinées surtout à la partie inférieure du bassin, et le canal, partant de trop haut, devrait couler sur un très long parcours presque inutilement et sans avoir à faire aux terres qu'il traverse l'aumône de l'eau qu'il transporte. De plus, à ces hauteurs, l'eau est encore peu abondante et d'un débit irrégulier; l'approvisionnement serait plus difficile, et, d'autre part, le fleuve, impétueux dans son cours, risquerait de compromettre la solidité du barrage, et, même ralenti par ce barrage, de pénétrer dans le canal avec une vitesse supérieure à ce que comporte le service de l'irrigation.

Pour ces raisons, il importe de ne placer l'ouverture du canal ni trop haut ni trop bas. D'ailleurs, quelques précautions que l'on prenne, le canal, même ouvert au point convenable, laissera toujours place à certaines difficultés qu'on doit surmonter, à certains inconvénients auxquels on doit s'accommoder : niveau trop bas de l'eau, qu'il faut relever; déperdition de l'eau par évaporation ou percolation, qu'il faut combattre par un art consommé dans la distribution; enfin, pente trop rapide, qu'il faut compenser par la direction des canaux ou l'emploi de barrages et de régulateurs.

Tout ce qui précède s'applique aux canaux permanents destinés à l'irrigation du bassin moyen d'un cours d'eau. Il est d'autres canaux destinés à irriguer le bassin inférieur, les deltas des fleuves. Pour ces canaux deltaïques, le problème se pose d'une manière différente. Il n'y a plus ici de long canal pour porter l'eau au loin : on la distribue tout de suite, près du barrage. Il n'y a plus ici de barrages énormes pour relever les eaux à une hauteur considérable; la région presque entière est à peu près de niveau avec le fleuve. Enfin, il n'y a plus de pente aussi rapide à compenser. Le delta s'incline doucement du côté de la mer; l'eau y trouve un écoulement naturel, à une allure qui convient presque aux besoins de l'irrigation. Le problème nouveau et spécial à ces canaux deltaïques est de maintenir l'eau dans les canaux de distribution, et de protéger par des digues la contrée environnante contre l'inondation.

§ 1. — **Les barrages.**

Un canal comporte plusieurs barrages. Il en comporte à sa tête, à l'endroit où il s'amorce sur le fleuve; il en comporte, il peut en comporter d'autres dans le cours de son développement. Un fleuve, de sa source à son embouchure, a passé d'une altitude parfois considérable au niveau de la mer. Pour racheter la différence de hauteur, il a suivi une pente plus ou moins rapide; parfois, il a compensé la hauteur par des cascades ou chutes d'eau. Le Gange descend ainsi, de l'Himalaya à la mer, à raison de 1 pied ou même de 18 pouces par mille. Un canal, dans la région qu'il dessert, a, de même, à compenser l'inégalité des altitudes depuis le point où il quitte le fleuve jusqu'au point, plus bas, où il y rentre. Mais il suit, il doit suivre une autre voie que le fleuve. La pente rapide, la course impétueuse lui est interdite. Il lui faut un cours tranquille. Il y parvient soit par des courbes savantes imposées à ses diverses branches ou conduites, soit par des barrages, qui arrêtent l'eau, la rendent à son cours par des déversoirs, et ainsi en atténuent la vitesse.

De tous les barrages que peut comporter un canal, le plus considérable, le plus important est le barrage supérieur, le *head work*, qui, placé en travers du lit du cours d'eau, a d'abord pour effet de diriger cette eau, d'en détourner une partie de son lit naturel vers le canal artificiel. Mais, aux canaux du nord de l'Inde, le barrage est encore nécessaire pour un autre objet : élever le niveau de l'eau. En effet, dans ces régions, Punjab, Provinces-Unies, la terre donne deux récoltes par an, et celle qui exige le plus d'eau s'irrigue pendant l'hiver, au moment où les rivières sont basses[1]. L'eau ne sera abondante dans le canal que si le barrage en a relevé le niveau.

Dans le sud, où l'irrigation repose encore surtout sur les canaux d'inondation, qui amènent l'eau de juillet à octobre, il ne peut guère y avoir de récolte d'hiver.

Les Anglais sont passés maîtres dans l'art des barrages. Avant eux, les Hindous semblent y avoir aussi excellé pour leur temps. Le grand barrage de

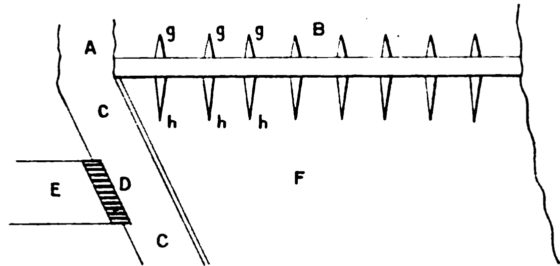


Fig. 3. — *Barrage permanent avec épis de protection.* — C, lit de la rivière endiguée; A, écoulement libre; D, écluse; E, canal; B, barrage; F, lit de la rivière barrée; *g*, *h*, épis destinés à rompre le courant de la rivière.

l'île de Seringham, dans le district de Tanjore (Madras), date des Hindous; il mesure 350 mètres de longueur, 12 à 18 mètres d'épaisseur et 5 à 6 mètres de hauteur. Depuis lors, les Anglais ont fait plus grand et plus puissant. Au surplus, il n'est pas certain que ce qu'il y a de plus compliqué dans

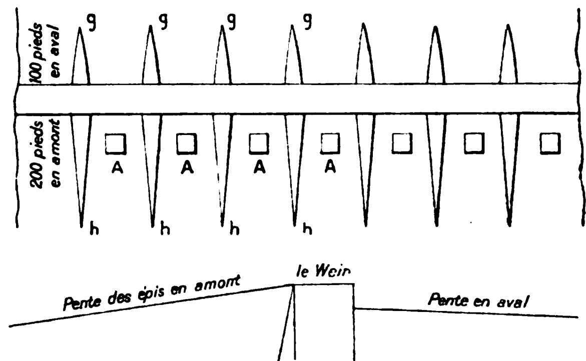


Fig. 4. — *Plan et coupe d'un barrage permanent avec puits de fondation.* — B, barrage; *g*, *h*, épis; A, puits de béton de 8 à 10 pieds de côté, 20 pieds de profondeur. Ces puits empêchent le travail du sable au pied du weir (barrage) et sous le weir.

un barrage soit de le construire; reste ensuite à l'entretenir, à le réparer, à le soumettre à la plus exacte surveillance pour éviter les catastrophes imprévues et lui assurer une utilité prolongée.

[1] Ces deux récoltes de l'année, il en est sans cesse question dans les documents anglo-indiens qui concernent l'agriculture, l'irrigation et l'impôt. Les termes qui les désignent sont empruntés à l'arabe : *Rabi* ou *Rubbee* et *Kharif* ou *Khurreef*.

Rabi (orthographe courante) veut dire printemps. Dans l'Inde, appliqué aux récoltes, il signifie la récolte qui a été semée après les pluies, qui a poussé pendant la saison froide, de novembre à mars, et qui sera récoltée au printemps, tout au début de l'été : le blé, l'orge, le lin, le tabac, les oignons, les carottes, les navets, etc. *Kharif* veut dire automne, et signifie la récolte qui, semée en avril ou mai, a levé et mûri pendant la saison chaude, de juin à octobre, et sera récoltée à l'automne, en octobre ou novembre : le riz, le maïs, le coton, le grand millet, l'indigo, le colza, la sésame, etc. Or, de juin à octobre, c'est le temps de la mousson du sud-ouest, et la terre, qui reçoit la pluie, a beaucoup moins besoin de l'irrigation. Au contraire, de novembre à mars, c'est la saison sèche, et la terre ne peut rien sans l'irrigation. C'est alors que les canaux rendent leur utilité maximum.

Par exemple, dans les Provinces-Unies, la récolte de *Kharif* se compose comme suit :

75 °/ₒ n'ont pas ordinairement besoin d'irrigation (récoltes mixtes, coton, etc.);

25 °/ₒ sont ordinairement irrigués, dont 13 °/ₒ sont des substances alimentaires : riz, canne à sucre, maïs, et 12 °/ₒ sont du coton, de l'indigo, etc. L'irrigation ne sert qu'à 25 °/ₒ des récoltes de *Kharif*.

Au contraire, pour les récoltes de *Rabi*, 94 °/ₒ ont ordinairement besoin d'irrigation; à savoir 92 °/ₒ de substances alimentaires : blé, orge, pommes de terre, vergers, etc., et 2 °/ₒ d'autres récoltes : opium, tabac, etc.; et 6 °/ₒ n'ont ordinairement pas besoin d'irrigation : pois, vesces, etc.

Même sur les plus grands fleuves, sur ceux qui roulent le plus fort volume d'eau et ont le cours le plus impétueux, les Anglais emploient deux sortes de barrages : le barrage permanent, en pierre de taille, avec épis de protection (fig. 3 et 4), construit suivant les règles connues en Europe, comme le barrage de Ngapur, sur le canal du Gange (fig. 5), et le barrage temporaire, recommencé tous les ans, parce que tous les ans le fleuve le désagrège, barrage composé de galets, de terre battue, de gabions, de fascines, etc. A Hardwar, sur le Haut-Gange, il y a un barrage temporaire de ce genre. Mais, pour protéger et les îles situées dans le fleuve et le barrage lui-même, on construit chaque année, en amont du barrage, avec de forts madriers enfoncés profondément dans l'eau, des sortes de trièdres, qu'on remplit de lourds galets, et qui, divisant et rompant le cours de l'eau, en diminuent la violence.



Fig. 5. — *Barrage et écluse sur le canal du Gange à Ngapour.*

Le barrage permanent doit varier en résistance suivant le volume des eaux, suivant la forme du lit de la rivière, suivant la nature du sol qui le compose : sable, sable fin, argile, galets, suivant ce que roule la rivière, etc. La grosse question est de savoir si le lit de la rivière est ou non perméable. S'il est de matière imperméable, il n'y a aucun danger de voir le barrage miné par en dessous; s'il est, au contraire, perméable, il faut alors chercher la couche solide, au moyen de puits de fondation en béton, etc. (fig. 4). Ces barrages, *head works*, avec tout ce qu'ils comportent, écluses supérieures et inférieures, régulateurs, etc., arrivent à coûter des sommes considérables :

Easter Jumna Canal . .	1.700.757	roupies[1].
Sone Canals	2.316.876	—
Chenab Canal	2.909.822	—
Lower Ganges Canal . .	3.693.146	—
Orissa Canals	4.528.261	—

L'ingénieur, chargé de ces travaux magnifiques, a tendance à faire grand et beau. Plus d'un a pu, lors des premiers ouvrages exécutés, se repentir d'avoir construit des barrages de tête hors de proportion avec ce que le canal pouvait recevoir d'eau et avec ce que les conduites de distribution en pouvaient porter aux plaines irrigables. Il importe de bien calculer la section de prise d'eau sur la rivière; pour élémentaire que soit un pareil problème, plus d'une fois la solution en a été fausse.

La décharge maximum du Ganges Canal est de 6.800 pieds cubes par seconde (1 mètre cube vaut 35 pieds cubes environ); des Orissa Canals, 6.100; du Sirhind Canal, 6.000; des Sone Canals, 6.000; du Lower Ganges Canal, 5.100; du Bari Doab Canal, 4.800.

L'irrigation, dans certaines régions, comporte, outre les barrages : les *superpassages*, destinés, dans la partie supérieure du cours d'un canal, à transporter de la montagne vers la plaine, et par-

[1] La roupie vaut actuellement 1 fr. 65.

dessus le canal, les nombreux torrents qui sillonnent les flancs de cette montagne (fig. 6), en coupant transversalement le cours du canal, et l'encombreraient, si on n'y prenait garde, de matières solides; les *passages à niveau* (fig. 7), utilisés de même quand un torrent coupe transversalement le lit d'un canal, et où le jeu combiné d'une écluse en travers du canal et d'un barrage en travers le lit du torrent, permet, lors d'une crue du torrent, d'évacuer rapidement ces eaux dans les contrées sous-jacentes; les *aqueducs*, qui transportent digues contiennent le cours de l'Indus, et c'est à des canaux d'inondation que l'on demande l'eau dont l'agriculture a besoin. En conséquence, la partie contiguë à l'Indus n'est plus arrosée. Parfois les digues cèdent sur un point, une brèche se produit; alors tout un canton est sous l'eau. C'est la ruine; toutefois, la ruine seulement pour une saison : la récolte en terre est perdue. Mais, dès que l'eau se retire, laissant derrière elle ce limon fécondant (*silt*) que charrie l'Indus, le paysan sème et a bientôt une autre récolte.

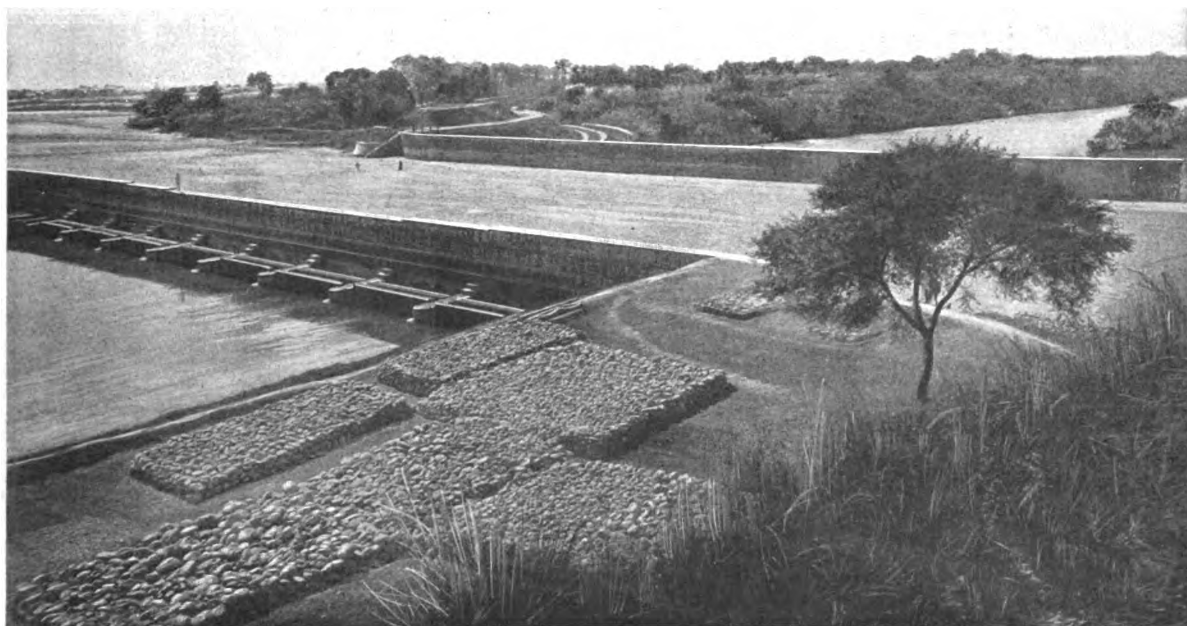


Fig. 6. — *Superpassage de Ranipur, sur le canal du Gange.* — Il est destiné à transporter, par-dessus ce canal, les eaux torrentueuses, qui, des flancs de la montagne, tendent à descendre vers la plaine, et, rencontrant dans leur passage le canal, l'encombreraient des matières qu'elles roulent avec elles.

l'énorme volume d'eau d'un canal par-dessus une rivière : c'est ce qui se voit notamment à Solani, pour le canal du Gange (fig. 8); et enfin, des *digues*[1]. Dans l'Etat de Bahawalpur, la moitié du pays serait sous l'eau, lors de la crue de l'Indus, n'étaient les digues. Ces digues y sont d'introduction récente. Avant elles, le pays était soumis au régime, que beaucoup qualifient d'heureux, de l'inondation périodique, telle que la connaissait l'Egypte, avant les grands travaux. Aujourd'hui les

Sur les digues, nous n'avons rien à dire : notre Indo-Chine et ses populations indigènes en connaissent le fort et le faible. Peut-être peut-on reprocher à notre Administration de ne les avoir pas toujours surveillées avec assez de soin. Mais elle peut donner cette excuse que ces digues constituent un délicat problème : faut-il les maintenir ou les supprimer, pratiquer l'irrigation, à l'abri des digues, ou appeler l'inondation après les avoir renversées ?

L'Administration n'est pas, autant que je sache, encore fixée. Et c'est ce qui la rend hésitante. Le régime de l'inondation périodique semble pourtant condamné partout.

[1] Dans les documents anglo-indiens, digues s'appelle *bunds*, mot d'origine à la fois sanscrite et persane (*bandh*), qui signifie arrêt.

§ 2. — La distribution de l'eau.

Le canal, à l'inverse d'une rivière, va en diminuant de largeur du commencement à la fin. A l'endroit où il se greffe sur la rivière, il a une largeur et une profondeur considérables. C'est là qu'est le canal central, qui joue le rôle d'un réservoir. Avec les régulateurs du barrage de tête, on lui assure ou on lui maintient le niveau utile ; l'eau s'y accumule en attendant d'être distribuée. De ce canal central on l'envoie, à travers les pays, par des conduites de distribution qui se branchent les unes sur les autres ; du canal central à une région donnée, la conduite s'appelle *minor* ; de la région au village, *watercourse* ; du village aux champs, *outlet*[1]. Chacune de ces conduites différentes a un type, une capacité et un prix de revient déterminés ; la conduite, qui permet d'écouler 150 pieds cubes (1 mètre cube vaut 35 pieds cubes) à la seconde, coûte 4.500 roupies le mille (le mille = 1.609 mètres) ; de 30 à 50 pieds, 2.500 roupies ; moins de 30 pieds cubes, 1.250 roupies.

Ces conduites ne sont pas, on peut s'en douter, de matière solide : ni ciment, ni béton, ni pierre ; le sol, tel qu'on le trouve, parfois battu et pilonné. L'eau coule, sur ce sol, tel qu'il se comporte, sable, terre, argile, galets ; elle coule à ciel ouvert ; de là, des chances d'accidents qu'on peut imaginer. Ces accidents se réduisent à quatre principaux : érosion des berges, sous l'influence d'une vitesse trop grande de l'eau sur un sol trop peu résistant ; évaporation, due à une course trop longue, sous un ciel trop sec ; percolation, à cause d'un lit trop perméable ; envasement, par l'abondance des dépôts de limon.

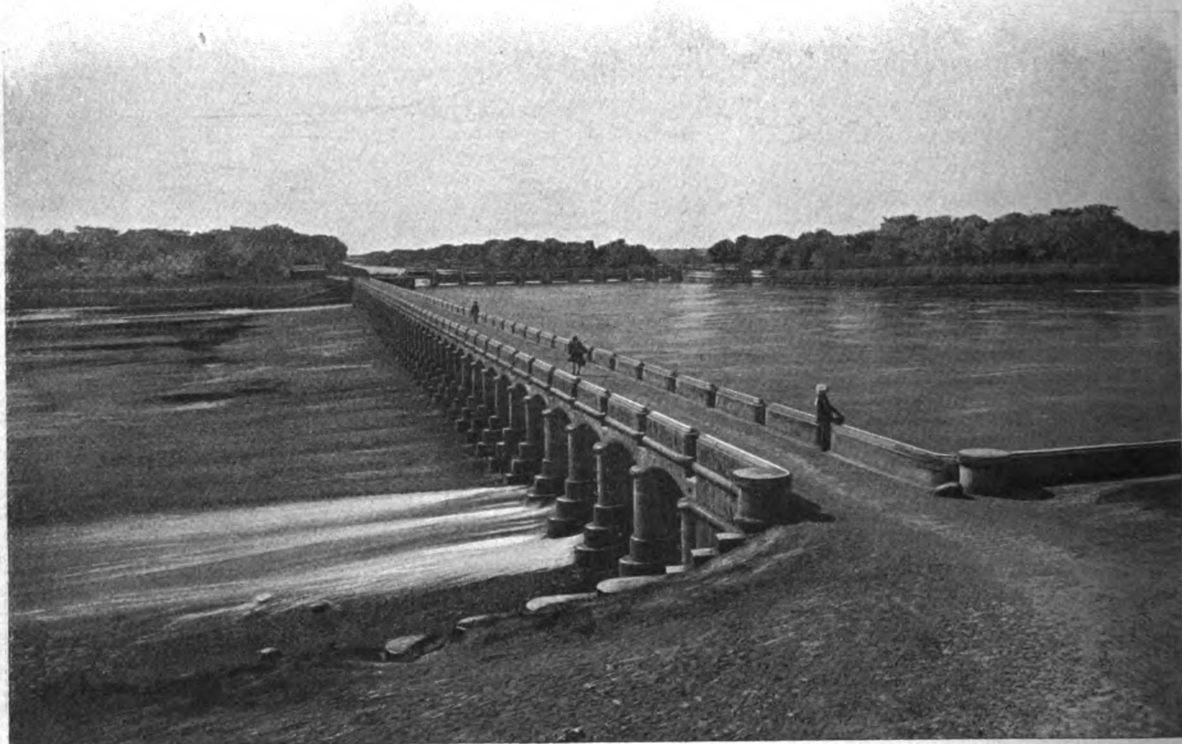


Fig. 7. — *Passage à niveau de Dhanauri, sur le canal du Gange.* — Le pont représenté en avant est un appareil destiné à régler le cours de l'eau dans le canal. Plus loin est un barrage à panneaux mobiles. En temps ordinaire, le régulateur est ouvert et le barrage fermé ; mais, en temps de crue du torrent, le régulateur est fermé et le barrage ouvert, en sorte que le lit du torrent peut être, à l'endroit où il traverse le canal, violemment balayé par l'eau descendue de la montagne.

La vitesse tolérable est déterminée par la nature du sol sur lequel l'eau coule. Sur de gros galets, elle peut, sans entraîner d'érosions, être de 20 à 25 pieds par seconde ; sur de petits galets, de 8 à 15 ; sur des cailloux, de 5 à 7 ; sur de l'argile compacte, de 4 à 5 ; sur de la glaise, de 2,5 à 3,5 ; sur du gros sable de 1,5 à 2 ; sur du sable fin, de 1 à 1,5.

La percolation (*leakage*) est le grand ennemi de l'irrigation. C'est elle, c'est l'eau s'insinuant à travers un sol perméable, qui ronge par en dessous les ouvrages les plus robustes ; c'est elle qui, à travers les berges ou le lit du canal, dérobe à l'ingé-

[1] Dans le Sind, le canal s'appelle *Wah* (il n'y a pas de minor) ; le *watercourse* s'appelle *kario* ; l'*outlet*, *kassi*, et la distribution plus petite encore, *adh*.

nieur une partie de l'eau qu'il avait emmagasinée, et la porte là où souvent on n'en a que faire. L'évaporation est également un redoutable adversaire. L'eau, sous l'action du soleil des Indes, s'envole en nuées impalpables. Il semble impossible de calculer séparément le coefficient de la percolation et celui de l'évaporation. Toutes deux ensemble, d'allure sournoise, elles appauvrissent la réserve d'eau d'une façon incroyable. Dans le Punjab, on a évalué leur effet à 0,165 °/₀ par mille parcouru de la masse totale d'eau lancée dans les canaux; dans les Provinces-Unies, à 0,082 °/₀. Mesuré d'autre façon, leur effet est évalué en hauteur au maximum à 0,4 pouce par jour (le pouce = 25 millimètres). A Madras, en décembre, il a été de 0,13 pouce; en septembre, de 0,38; et, sur une durée de cinq années, en moyenne, de 0,28. Dans la province si aride et si chaude du Rajpoutana, d'avril à juin, il s'est élevé à 0,56 pouce. Il n'est pas excessif de dire que l'eau, du moment où elle entre dans le canal à celui où elle parvient aux champs à irriguer, a pu, sous l'influence de ces causes : évaporation et percolation, diminuer d'une quantité variable, suivant le climat et le sol, de 10 à 40 °/₀.

Les causes naturelles qui peuvent ainsi faire varier cette perte, je les ai déjà dites. Il faut y ajouter la façon de distribuer de l'eau. C'est une opinion très répandue parmi les ingénieurs anglais que le même canal, y compris ses conduites secondaires, peut perdre, en outre de ce que j'ai déjà mentionné par évaporation et percolation naturelles, de 10 °/₀ à 30 °/₀, du fait de l'ingénieur qui est chargé de distribuer l'eau. Le nombre de distributions et l'abondance de ces distributions sont les facteurs de ces inégalités. La règle vers laquelle tendent les ingénieurs est de ne pas donner aux mêmes champs de l'eau tous les jours par petites doses, ce qui fournit une surface d'évaporation énorme, mais de la leur donner, à haute dose, une seule fois par semaine ou par quinzaine. Le résultat agricole est identique. A l'heure présente, on se demande si, toutes causes de déperdition étant jointes ensemble, sur 100 °/₀ d'eau prise dans le fleuve, il en est utilement distribué aux champs plus de 30 à 40 °/₀ [1]. Et la préoccupation des ingénieurs est à la fois de se procurer de plus grandes quantités d'eau à distribuer et de distribuer mieux et plus efficacement celle dont ils disposent déjà. C'est pour atteindre ce second résultat que, par toute l'Inde, ils étudient



Fig. 8. — *Aqueduc de Solani, sur le canal du Gange.*

[1] Il y a un peu de flottement dans tous ces chiffres. Les documents les plus autorisés ne sont pas d'accord.

si attentivement ce qu'on appelle : le devoir de l'eau.

§ 3. — **Le Devoir de l'eau** (**duty of water**).

D'une façon générale, on appelle, en style administratif anglo-indien, *duty of water*, devoir de l'eau, l'effet utile qu'on attend de l'eau appliquée à la culture. En termes plus précis, on définit par ces termes la superficie (exprimée en acres) d'une certaine culture (blé, riz, coton, etc.) qu'un pied cube d'eau par seconde, coulant sans arrêt, est efficace pour amener à maturité. Et, pour compléter cette notion, — car, visiblement, il y manque un élément : le temps, — l'on appelle *base of the duty*, base du devoir, le nombre de jours pendant lequel le débit de 1 pied cube par seconde doit être maintenu pour amener à maturité cette culture donnée.

Dans le calcul ou plutôt dans l'appréciation expérimentale de ce *duty of water*, on cherche à éliminer certaines causes d'erreur que nous avons déjà signalées : la perte en route par suite de percolation et d'évaporation, d'absorption quelconque. Et, alors, on calcule le « devoir de l'eau » à partir à la fois de la tête du canal et des voies secondaires ou tertiaires de distribution. Le premier calcul donne le devoir relatif, l'autre le devoir absolu ; la différence entre les deux permet de mesurer la perte en route. Exemple : sur le Jamdu Canal (Bombay), en saison froide (*rabi*), pour une superficie de 32 acres 4, cultivée en blé, l'eau coulant pendant quatre-vingt-douze jours, il a fallu, par acre, pour amener la moisson à maturité, 245.330 pieds cubes, comptés à partir du barrage de tête (head work) ; mais, si l'on recherche ce qui, de ces 245.330 pieds cubes, a pu arriver au champ, on a trouvé, dans une première expérience, 91.704 pieds cubes, dans une seconde 62.725 ; la perte en route avait été telle que, d'un pied cube lancé au barrage, il arrivait, dans un cas, 15 pouces, dans un autre, 17.

Une autre manière de compter et d'autres chiffres sont empruntés à l'expérience du canal du Gange (Provinces-Unies). Un pied cube par seconde, coulant en saison chaude, de façon constante pendant cent quinze jours, peut fertiliser, si l'on compte à partir de la tête du canal, 78 acres ; si, avec le même point de départ, on tient compte des fuites constatées, 86 acres, et si l'on compte à partir de la tête du *distributary*, 88 acres ; de la tête du distributeur, la perte est de 10 acres. Pour le même canal, en une autre année, on arrive à des chiffres un peu différents : à compter de la tête du canal, 73 acres ; déduction faite des pertes constatées, 76 acres ; à compter du *distributary*, 76 acres. La différence, 3 acres, la perte d'effet utile, serait plus grande si, au lieu de compter à partir du distributary, on comptait à partir du *village channel*.

Naturellement, le devoir de l'eau, l'effet utile varie avec les divers facteurs du problème : climat, état de la terre, longueur du canal, art de la distribution, etc. Un climat sec, une terre desséchée absorbent plus d'eau, et le devoir de l'eau en devient moins grand. Un canal à pente douce et de profondeur moyenne laisse perdre en route moins d'eau qu'un canal très profond et très rapide et assure à l'eau un « devoir » plus grand, un effet utile plus intense. Mêmes variations suivant la distance plus ou moins considérable à laquelle on transporte l'eau, suivant l'art, plus ou moins consommé, de l'ingénieur qui la distribue. Je me suis déjà expliqué suffisamment sur l'influence de ces divers facteurs. Mais il en est d'autres sur lesquels il importe de fournir quelques détails complémentaires.

L'effet utile varie avec la nature du sol du canal sur lequel l'eau coule. Dans un canal dont le fond et les berges sont d'argile, par exemple dans le *Sakla distributary*, qui fait partie du *Sone Canal* (Bengale), le devoir de l'eau a été de 115 acres par pied cube ; et sur un canal coulant sur du sable, par exemple dans le *Kaithee distributary*, tout proche du premier, le devoir de l'eau a été, durant la même saison (*Kharif season*), de 67 acres par pied cube.

Durant une même saison, pour une même culture et un même lieu d'expérience, l'effet utile de l'eau varie avec les années. En saison froide, *rabi*, de novembre à mars, dans les Provinces-Unies, sur le *Canal du Gange*, il varie de 171 acres, en 1885-1886, à 143 en 1889-1890 ; dans le Punjab, sur le *Bari-Doab*, il varie de 125, en 1887-1888, à 169 en 1889-1890 ; dans la présidence de Bombay, sur le *Nira Canal*, de 106, en 1888-1889, à 60 en 1885-1886 ; et, sur l'*Ekruk Tank*, de 56, en 1889-1890, à 20 en 1886-1887. Ces mêmes chiffres prouvent en même temps que l'effet utile varie singulièrement d'un bout de l'Inde à l'autre. Il arrive, au contraire, que cet effet utile reste constant, pour un même lieu, pendant une suite d'années. Exemple : sur le même *Bari Doab Canal* (Punjab), mais en une autre localité, le devoir de l'eau n'a varié, en saison chaude (Kharif season), que de 58 acres, en 1889-1890, à 69 acres, en 1886-1887 ; et, sur l'*Eastern Jumna Canal* (Provinces-Unies), que de 90 acres, en 1885-1886, à 104, en 1888-1889.

Ce qui était facile à prévoir, le devoir de l'eau varie aussi d'une saison à l'autre. Si l'on considère l'Inde tout entière, le devoir minimum en saison chaude est de 50 acres, en saison froide, de 30 ; le devoir maximum, en saison chaude, de 150 acres ; en saison froide, de 230. D'une façon générale, on estime que, dans une même région, le devoir de l'eau est en saison froide le double de ce qu'il est en saison chaude.

Enfin, certains facteurs, que l'expérience a révélés, influent sur le devoir de l'eau. Le devoir de l'eau est abaissé par ce fait que l'eau est conduite loin de sa source, à travers de longs parcours, dans des canaux secondaires, très peu profonds, à des champs qui, au lieu d'être tous groupés, voisins les uns des autres, sont dispersés largement par tout un district : c'est qu'alors la surface d'évaporation est excessive. Ou encore le devoir de l'eau est abaissé par cette circonstance que toute une même province pratique une même culture, comme, par exemple, Madras et le Bengale, qui récoltent surtout du riz. Le devoir se relève, au contraire, dans les provinces qui ont des cultures variées, comme le Punjab, qui, dans une même saison, cultive le coton, l'indigo, le riz, etc. Dans cette dernière province, la distribution de l'eau ne se fait pas toute au même moment; il y a une période pour le riz, une autre pour le coton, etc.; au contraire, dans le Bengale et Madras, grands cultivateurs de riz, tout le monde veut l'eau en même temps, et cela abaisse considérablement le devoir de l'eau. Ceci s'expliquera mieux par un exemple pratique. Nous le devons à un auteur, à qui nous avons déjà emprunté pour ces études une assistance constante, M. R. B. Buckley.

Il donne un exemple bien curieux de cet abaissement du devoir de l'eau par suite de l'exigence d'une population qui réclame une masse d'eau considérable en une très courte période. C'est dans le Bengale, sur le *Sone Canal*. « La récolte de Kharif (saison chaude) y est presque entièrement de riz. La population, avant qu'elle eût des canaux d'irrigation, a été, pendant des siècles, habituée à ne compter pour sa récolte que sur la pluie locale; dans les bonnes années, la récolte mûrissait à point; dans les mauvaises, elle manquait totalement. Sur une petite superficie, cette récolte pouvait emprunter de l'eau à de petites citernes où l'on avait emmagasiné la pluie. La pluie de la mousson, ces gens la répartissent en *Nechutras*, ou périodes qui sont déterminées exactement par les phases de la lune. Ils ont pris l'habitude de considérer l'eau d'irrigation comme leur étant particulièrement nécessaire durant ces périodes spéciales où ils ont constaté que la pluie tombe généralement. En particulier, ils estiment essentiel que le riz soit copieusement pourvu d'eau durant les 10 ou 12 jours de la *Nechutra* appelée Hathia, qui survient en octobre. Et il ne fait pas doute que, d'une façon générale, un abondant volume d'eau ne soit, à cette époque, d'un point de vue purement agricole, réellement essentiel à la récolte; mais il n'est probablement pas indispensable que ce volume abondant soit en entier jeté sur les champs dans une période fixe de 10 à 12 jours. Toutefois, l'habitude et les préjugés du peuple sont une force. Ils drainent leurs champs tant qu'ils peuvent avant l'*Hathia*, comptant sur une pluie abondante; et, si cette pluie leur fait défaut, ils demandent aux canaux une masse d'eau et, durant un peu moins de quinze jours, en exigent un effort qui affecte tout le système. Cela est si exact que les fonctionnaires de l'irrigation, ayant à déterminer la superficie qu'ils peuvent compter irriguer, calculent non pas sur le devoir de l'eau, tel que le montrent les résultats de la saison tout entière, mais sur le devoir de l'eau tel qu'il ressort de la superficie restreinte qu'on arrive à arroser pendant cette période d'à peu près douze jours ». Les devoirs qu'on a constatés, en comptant à partir de la tête du canal, pendant cette période de demande intense, ont varié de 42 à 45 acres par pied cube. Pour l'ensemble de la saison, ils ont été, au contraire, de 65 à 95 acres. Mais, tant que la population n'aura pas été amenée à renoncer à ses préjugés, on ne peut espérer attendre de l'eau un devoir supérieur à celui de 42 à 45 acres et accroître ainsi la superficie que les ressources du canal permettraient de cultiver en riz, saison moyenne.

§ 4. — Le limon (silt) ; l'envasement.

Tous les canaux entraînent avec eux des matières solides, qui roulaient dans la rivière ou le fleuve, dont une partie s'est arrêtée au-dessus du barrage et dont une autre, plus considérable, a pénétré dans le canal même. Plus abondant dans les canaux d'inondation, le limon est encore un élément important dans les canaux permanents : à Roorkee, sur le canal du Gange, ces matières, à ce que l'on prétend, représenteraient $\frac{1}{43}$ de l'eau. Mais les proportions qu'on donne généralement sont beaucoup moindres. Le poids de ces matières varie avec la vitesse du courant : dans un courant à grande vitesse, elle représenterait $\frac{1}{200}$ du poids de l'eau; dans un courant à vitesse moyenne, $\frac{1}{300}$. Or, de ces matières, il est possible qu'environ $\frac{1}{4}$ se dépose dans le cours du canal.

Il y a limon et limon. Il en est de bienfaisant : celui-là, l'agriculteur souhaite qu'il se dépose sur sa terre; ayant le choix entre l'eau de puits et l'eau de canal, il préfère l'eau du canal; il n'aime pas l'eau pure, le *black water*; il attend l'eau vaseuse, le *silt water*. Mais il en est de redoutable : les galets, par exemple, qui, dans le canal, sont un obstacle à la course de l'eau; le sable, qui est un stérilisant plutôt qu'un fertilisant. Et alors deux problèmes se posent : porter aux champs le plus possible de limon fertilisant; prévenir dans

le canal l'envasement qui retarde et même arrête la distribution de l'eau. On sait d'avance, quand on creuse un canal destiné à l'irrigation, quelle catégorie de matières charrie la rivière d'où le canal tirera ses eaux. On sait si ces matières sont ou non bienfaisantes, si l'on peut ou non les laisser passer dans le canal, et en quelle proportion. Et cela commande la forme que l'on donnera au barrage, aux *head works*. On peut s'arranger, par exemple, pour prendre les eaux dans la rivière à la surface du courant, où il y a moins de *silt*, au lieu de les prendre au fond, où il y en a davantage. Mais ce sont là des détails techniques, hors de ma compétence. Il me suffit d'avoir signalé l'importance du problème.

§ 5. — L'art de distribuer de l'eau.

C'est ici, par excellence, qu'apparaît l'art de l'ingénieur, non pas seulement de celui qui a eu la charge de construire le barrage et de creuser les canaux, mais encore de celui dont le métier est de distribuer l'eau. La forme des canaux, la pente qui leur est donnée, l'altitude à laquelle on les a maintenus, la ligne courbe ou droite qu'on leur a fait suivre, tout cela a une importance capitale sur la marche de l'eau et sur la distance maximum à laquelle on peut espérer la porter. Et, présentement, les ingénieurs anglo-indiens s'efforcent de porter cette eau toujours plus loin. J'entends qu'ils espèrent, par des formes extérieures nouvelles, étendre à des surfaces plus vastes l'effet d'un même volume d'eau.

Mais, pour concourir à ce but essentiel, l'art de celui qui distribue l'eau est aussi important que l'art de celui qui dessine et creuse le canal. Et ici, non seulement son art, mais sa sagacité, sa fermeté. L'eau est un trésor dont il a la garde. Le dragon qui, dans un souterrain, veille sur l'or du magicien, n'est pas tenu à plus de vigilance que l'ingénieur qui garde les portes du régulateur de l'écluse ou de la vanne. Le paysan vient à lui, et cherche à le convaincre d'ouvrir la porte, à tout le moins de l'entre-bâiller. Il veut davantage d'eau ; il en veut plus souvent; il en veut plus longtemps. L'ingénieur doit savoir résister. Mais, parfois, il serait susceptible de céder par ignorance : il a inventé un procédé pratique, et indépendant des théories et des calculs, de se renseigner sur ce point capital : les champs ont-ils besoin d'eau? Ça et là, entre les diverses branches du canal, parmi les champs que le canal dessert, il a creusé des puits-témoins : *level observation wells*, dont il vérifie, de temps à autre, le niveau. Si ce niveau monte, c'est que le canal donne trop d'eau et que la terre ne l'absorbe pas toute : il faut alors en réduire l'abondance, quand bien même la demande subsisterait égale.

Au surplus, la distribution de l'eau ne dépend pas du caprice du fonctionnaire. Il y a des règles, pour envoyer l'eau à qui de droit et à tour de rôle. Une des plus générales est ce qu'on appelle le système des *tatils*, disons le système de rotation. Les canaux, les principales branches, les conduits secondaires, les *distributaries* coulent tout le temps ; mais les *outlets*, qui alimentent les conduits de village, sont *tatiled*, c'est-à-dire soumis à une rotation. Peu de récoltes réclament plus de 4 ou 5 distributions d'eau. Pour leur donner satisfaction, chaque conduite de village reçoit, à tour de rôle, pendant un certain nombre de jours, non pas sa part d'eau proportionnelle (système, nous l'avons déjà dit, condamnable parce qu'il accroît la perte par évaporation), mais le plein débit de l'eau. C'est le procédé le plus économique et le plus efficace. L'économie de l'eau canalisée est l'*ultima ratio*. En perdre le minimum, c'est là le talent de l'ingénieur. Pour cela, il faut faire couler l'eau le moins possible, sur la moindre longueur, avec la plus grande profondeur et le plus de rapidité *possible*. Le mot *possible* implique une limite. Ce qu'on veut, c'est lutter contre les chances de percolation et d'évaporation. Le pire de tous les systèmes, le plus coûteux, le plus gaspilleur, c'est celui qui fait que tout le canal, toutes ses branches, tous ses *distributaries*, soient remplis à la fois d'une eau peu abondante qui lentement s'écoule vers les champs. Avec cette immense surface, l'eau s'évapore davantage ; avec cette lenteur de course, le *silt*, le limon fécondant, se dépose dans le canal au lieu d'être porté jusqu'au champ cultivé.

Mais il n'y a pas à lutter que contre les éléments ; il faut aussi se défendre des hommes : de l'agent de distribution, qui se laisse corrompre; de l'agriculteur, qui fraude. Sur ces milliers de milles qui constituent le réseau d'un canal, on n'emploie pas que des gentlemen incorruptibles; l'immense majorité des agents inférieurs sont des indigènes, pauvres hères, de bourse plate et de conscience tolérante. Il leur arrive d'ouvrir ou de fermer la vanne contre la justice; ils la ferment, contre le droit, au pauvre ou à l'avare; ils l'ouvrent indûment au riche ou au prodigue. L'eau est si précieuse qu'on la paie volontiers un peu... moins cher qu'elle ne vaut. Et il arrive, bien des fois, au *collector de district*, ou à son assistant, quand il dépouille son courrier, d'apprendre que le propriétaire de tel champ (*landowner*, *survey n° X*) n'a pas eu d'eau sur son champ et reçoit cependant une feuille de taxe de 10 ou 20 roupies.

Pour couper court à toutes ces injustices, il faudrait, au lieu de l'homme, user de quelque machine automatique. On éviterait les refus d'eau à qui y a droit, les distributions hors tour et

enfin les gaspillages désintéressés, nuisibles à la santé publique. Les finances et l'hygiène y trouveraient également leur compte. Cette machine automatique existe : c'est le compteur d'eau. En Italie, on l'emploie : tant d'eau a coulé, tant d'eau est à payer. Aux Indes, il ne peut fonctionner. L'eau entraîne avec elle trop de limon (*silt*). Ce qui suffit à emplir un canal immense aurait vite fait d'encrasser un frêle appareil d'horlogerie.

La distribution de l'eau comporte enfin un dernier et capital problème. L'eau du fleuve, qui a servi à féconder les champs, doit retourner au fleuve. Sinon, elle empoisonne la région. Nous avons eu, nous Français, quelque idée de ce danger en Algérie. Les Anglais aux Indes en ont souffert. Darmesteter, dans ses célèbres *Lettres sur l'Inde*, parle de ces fameux canaux qui, en quarante ans, ont fait du Punjab le pays le plus riche et le plus malsain de l'Inde, et y ont charrié les millions et la fièvre. Au Punjab, en effet, le canal de la Jumna avait formé, près de Panipal, un lac qui a engendré la malaria ; et le général Strachey avait coutume de dire que la section du vieux canal de Delhi proche de Karnal était une honte pour l'Administration anglaise. Dans le Sind, également, on ne s'était pas assez préoccupé de l'évacuation des eaux ; on avait laissé se former des marécages. Unmarkot était un point très salubre. On y a fait une citerne, qui a développé une végétation d'herbes aquatiques, d'où s'exhalent des fièvres malariennes. Il va falloir la combler. Les canaux de l'Indus, aussi ont dû être rectifiés; au moins sur un point, ils envoient maintenant les eaux d'irrigation à la mer, au moyen d'une sorte de canal qui fut peut-être le lit d'une rivière depuis longtemps abandonné. Enfin, dans les Provinces-Unies, sur une mortalité de 32 °/₀₀, on estime que les fièvres sont responsables des deux tiers; et les fièvres, pour partie, tiennent à l'irrigation. Le paysan use de l'eau sans discrétion ; il sature ses champs, l'eau croupit, et la fièvre s'envole et plane sur le pays.

II. — Personnel et Administration.

L'irrigation est tout entière aux mains du Gouvernement. Il n'en a pas toujours été ainsi. Au début, l'Angleterre, sous l'influence des doctrines libérales de l'Ecole de Manchester, avait, aux Indes, confié à des Compagnies le soin de creuser les canaux comme de construire les chemins de fer. Elle a aujourd'hui changé de système : c'est toujours le Gouvernement qui construit les chemins de fer, et c'est lui parfois qui les exploite ; c'est toujours lui qui creuse ses canaux et qui distribue l'irrigation.

Il y a quarante ou cinquante ans, on avait, dans le sud de l'Inde, confié le service de l'irrigation à deux Compagnies : l'une dans la province d'Orissa, l'autre dans la présidence de Madras, région de Karnul. La Société anonyme d'Orissa entreprit des canaux d'irrigation qui partaient de la rivière Mahanadi. Elle était au capital de 1 million de £. Pour considérable que fût ce capital, il se trouva insuffisant. Le Gouvernement dut venir au secours de l'entreprise : il l'acheta. Ou plutôt, il fit avec elle un contrat bizarre, qui laissait en présence la Compagnie et le Gouvernement. La Compagnie gardait son personnel, se chargeait d'amener l'eau et, arrivée au lieu de distribution, la vendait au Gouvernement. Le Gouvernement avait accepté ce système, parce qu'il estimait que la vente de l'eau à bon compte, à prix raisonnable, doit être un service public. Mais des complications se produisirent; le Gouvernement racheta l'ensemble des biens et du contrat de la Compagnie. Il a, pour cela, dépensé un total de 2 millions et demi de £.

La seconde Compagnie avait un système d'irrigation qui dépendait de la rivière Tungbhadra, avec son barrage de tête à Karnul, endroit où la rivière sort d'une contrée montagneuse et coule vers l'Ouest. La Compagnie s'était fondée au capital de 1 million de £; on lui avait garanti 5 °/₀ par an. Ce capital fut également insuffisant. Le Gouvernement dut lui faire des avances de capitaux, puis finalement reprendre les travaux, qui arrivèrent à lui coûter plus de 2 millions de £. Pendant longtemps, cette entreprise n'a donné aucun profit : c'est une des moins fructueuses de Madras.

Je dois dire que ces renseignements sur les compagnies d'irrigation, je les ai trouvés dans des documents ou des ouvrages qui sont tous favorables à la main-mise par le Gouvernement sur les canaux d'irrigation et même sur les travaux publics. Mais, quoique économiste libéral, j'admets volontiers qu'en ces pays, où jamais on n'a vu les capitaux particuliers, même anglais, s'aventurer sans une garantie de l'État, et qu'habitent des populations soumises et faciles à exploiter, l'irrigation confiée à des compagnies comporte trop d'abus, qui peuvent être suivis de trop de catastrophes, pour que le Gouvernement ne veuille pas garder par devers lui un service délicat et de capitale importance. Car ce n'est pas seulement son intérêt, c'est son devoir que le peuple reçoive l'eau à bon compte, irrigue les champs ensemencés, récolte, vive, paie l'impôt et progresse. Et, ce devoir, il ne peut l'abdiquer entre les mains de personne. Actuellement, il n'y a plus aux Indes de compagnies d'irrigation. L'irrigation constitue un service spécial, qui relève du Département des Travaux publics.

Avant 1854, les travaux étaient dirigés par des officiers du génie. Aujourd'hui, ils le sont par le

Service des Travaux publics (*Indian Public Works Department*, ce qui, dans ce style abréviatif qui est une des manies de l'Inde anglaise, s'écrit P. W. D.). Ce service se recrute notamment parmi les officiers du génie de l'armée britannique (*Royal Engineers*), parmi les officiers de l'armée de l'Inde qui ont passé les examens prescrits, enfin parmi les étudiants des collèges d'État, en Angleterre et dans l'Inde, où l'on enseigne le Génie civil. Un de ces collèges est, dans l'Inde, le collège de Roorkee (Provinces-Unies). Un autre est, en Angleterre, le célèbre établissement de *Cooper's Hill*.

Seuls les citoyens anglais y sont admis. Ils ont à subir un examen médical, à satisfaire à un examen d'entrée et à acquitter les charges diverses qui s'élèvent à plus de 4.000 francs par an. Les élèves y passent trois années, suivent des cours généraux et spéciaux selon la carrière (travaux publics, forêts, télégraphes) à laquelle ils se destinent, et subissent des examens de sortie, en vue d'obtenir le diplôme ordinaire (sans même parler des diplômes spéciaux) que l'établissement délivre et qui qualifie le titulaire pour entrer dans le Service des Travaux publics. A la suite de quoi, l'élève diplômé sera désigné pour le Service des Travaux publics, partie des finances (*Accounts branch*), ou partie du génie (*Engineering branch*). S'il appartient à la partie du génie, il a encore à faire preuve de talents d'équitation suffisants. Arrivé au terme de ces diverses épreuves, il doit partir pour l'Inde, dans les trois mois à dater de sa nomination. Une fois dans l'Inde, le Département l'emploie à sa convenance[1]. Il entre en fonctions, convenablement préparé par ses études théoriques : il aura suivi à *Cooper's Hill* un corps spécial d'Hydraulique[2]. On lui demande, d'ailleurs, moins de science que d'art. C'est l'opinion générale des ingénieurs anglo-indiens eux-mêmes, qu'ils ne sont pas comme les nôtres, munis d'une profonde culture scientifique. Ils sont pratiques avant tout, dûment préparés à leurs fonctions, qui, pour les neuf dixièmes d'entre eux, n'exigent pas de vastes connaissances théoriques.

La carrière qui s'offre devant l'ingénieur d'irrigation est belle sans doute, mais n'est en rien comparable à ce qu'on appelle le *civil service* (I. C. S.) L'élève diplômé de *Cooper's Hill* débute comme aide-ingénieur de troisième classe, à 4.200 roupies par an, et peut s'élever progressivement jusqu'au grade d'ingénieur en chef de première classe (à la nomination toujours du Gouvernement de l'Inde), aux appointements de 30.000 roupies par an. Mais, pour cela, il lui aura fallu franchir les trois classes d'aide-ingénieur (*assistant engineer*), les trois classes d'*executive engineer*, les trois classes de *superintending engineer*, et enfin les trois classes d'ingénieur en chef. Ai-je besoin de dire que beaucoup s'arrêtent en route, et se retirent avec le grade de *superintending engineer*, aux appointements de 13.000 à 19.000 roupies, après avoir mené une des existences les plus laborieuses et les mieux remplies?

Chaque province de l'Inde a son service d'irrigation, partie du Département des Travaux publics. Une grande province, comme le Punjab, par exemple, a d'abord une sorte de ministère des Travaux publics. A la tête de ce ministère, est un *secretary*, ingénieur en chef de première classe, lequel, attendu que l'irrigation, dans cette province, est beaucoup plus importante que les autres travaux publics : routes et constructions, est un ingénieur de la branche irrigation ; le sous-secrétaire appartient également à cette branche irrigation ; avec eux est un état-major de cinq ou six ingénieurs; puis, dans la province, une soixantaine, plus ou moins, d'ingénieurs de divers grades, parmi lesquels une demi-douzaine d'indigènes, dont le plus élevé en grade est *executive engineer* de deuxième classe. A quoi il faut joindre quelques ingénieurs temporaires, que la besogne urgente a rendus indispensables. Ces divers ingénieurs de la partie irrigation sont attachés presque tous à un canal déterminé ; les uns au *Chenab canal*, les autres au *Jhelum canal*, d'autres encore au *Bari Doab canal*, etc. Et là, entre eux, commence la division du travail.

Le *superintending engineer* commande un cercle; il veille à l'irrigation d'un demi-million à un million d'acres ; l'*executive engineer* commande une division, quelque 200.000 acres à irriguer; il a, dans l'étendue de son domaine, charge de l'établissement de l'impôt (*assessment*), des réparations, des projets de travaux nouveaux et de la distribution de l'eau. Enfin, à la tête des subdivisions et des sections sont des *assistant executive engineers*, assez souvent des indigènes.

[1] Toute cette question de la sélection et de la préparation des fonctionnaires demanderait beaucoup plus de développements. J'ai étudié à fond cette question dans diverses publications antérieures et n'ai pas aujourd'hui à y insister davantage.

[2] Voici un sommaire du programme de ce cours : I. L'EAU : 1° La pluie, variations; évaporation, percolation; eau des villes; emmagasinement de l'eau; drainage. 2° Les cours d'eau, réservoirs, barrages; conduites, tunnels; châteaux d'eau, écluses. 3° Les puits. II. GÉNIE CIVIL DES RIVIÈRES : Les courants, la vitesse; amélioration des rivières; défense des rives; digues, levées; transports par eau; remorquage; touage; canalisation des rivières; barrages, écluses, etc. III. CANAUX ARTIFICIELS : Diverses sortes de canaux; aqueducs, siphons ; pertes d'eau; réservoirs d'alimentation du canal; digues, écluses, etc. IV. HYGIÈNE : Egouts, etc. V. IRRIGATION DANS L'INDE : Irrigation par puits, citernes et canaux; Irrigation des deltas dans l'Inde méridionale; barrages. Irrigation par capture des eaux supérieures d'un fleuve en Italie et dans l'Inde du nord; calcul du disponible; capacité du canal; barrage de tête; pente du lit, largeur du canal; alignement; fondations; aqueducs; écluses; régulateurs; évacuation des eaux; canaux de distribution.

Les travaux publics, et l'irrigation en particulier, sont les parties des services de l'Inde qui comprennent le plus de fonctionnaires indigènes. Ils y sont plus nombreux de beaucoup que dans tout autre département et ils y parviennent, en général, à des situations plus élevées. L'esprit indigène *moyen* est plus apte à ces besognes techniques, qui n'exigent que des connaissances et de l'application, qu'à celles, comme il arrive dans les services politique et judiciaire, qui mettent en jeu la volonté, le jugement et la conscience. Aussi, les indigènes occupent-ils presque toutes les places inférieures du service, un certain nombre de places moyennes et même quelques-unes des places supérieures, parfois avec une véritable distinction. Il en résulte pour le fonctionnaire européen un surcroît de travail. Il doit tout revoir par lui-même : refaire les calculs, vérifier les plans, surveiller les travaux. Il se passera encore quelque temps avant que l'esprit indigène soit à la hauteur de ces besognes si nouvelles pour lui et que le fonctionnaire indigène moyen inspire toute confiance à son chef européen.

Ce qui complique le rôle et accroît la fatigue du fonctionnaire des travaux publics, c'est que sa tâche n'est pas une; elle est infiniment variée. Il doit veiller aux réparations, à la distribution de l'eau, aux plantations et aux forêts mêmes qui couvrent les bords du canal; il doit assurer l'exécution des règlements, le respect des droits de l'État et l'empiétement sur les droits égaux des particuliers; enfin, surveiller la comptabilité. Il lui faut réunir les connaissances d'un entrepreneur, d'un forestier, d'un jardinier, d'un comptable, d'un magistrat et parfois même d'un régisseur.

Pour l'aider dans sa tâche multiple, s'étagent au-dessous de cet état-major d'ingénieurs, que je viens de montrer, de très nombreux petits fonctionnaires indigènes. C'est d'abord le *patrol*. Le *patrol* est en rapport direct avec le cultivateur; c'est un personnage : il distribue l'eau. Il surveille la distribution de l'eau sur 1.500 à 3.000 acres. Il gagne 10 roupies par mois. Mince salaire pour un homme qui dispose d'un bien si précieux. Cela l'expose à bien des tentations. Il y cède. La corruption n'est pas chose inconnue dans les rangs des patrols. Ils ferment les yeux et ils ouvrent l'écluse. Tel n'aura pas d'eau, pour avoir tenu la main close; tel en aura par delà ses besoins, il l'a mérité par son humeur libérale. Mais la fraude est limitée par la surveillance.

L'ingénieur veille; il veille à tout et sur les fonctionnaires de tous les degrés. Dans le Punjab, sur le Chenab-Canal, à Lyallpur, j'ai vu quatre ingénieurs exécutifs (outre leur chef et des bureaux très importants) occupés une bonne partie du jour à surveiller la distribution de l'eau. C'étaient, du matin au soir, d'innombrables dépêches, les renseignant sur l'état du marché, si je puis ainsi parler; d'une part, l'abondance de l'eau, et, d'autre part, les demandes qui surviennent, le chiffre de ces demandes, les régions d'où elles proviennent. C'étaient encore des déplacements continuels. Le fonctionnaire des Indes est, a le devoir d'être ambulant. Il fait des tournées, du plus petit au plus grand. L'ingénieur des travaux publics voyage dans sa circonscription jusqu'à dix mois par an. Il surveille l'état du canal, pare aux accidents possibles, inspecte les berges, sonde les digues; il surveille aussi le personnel, s'assure de sa présence et, s'il le peut, de son honnêteté; il répond aux réclamations innombrables : celui-ci n'a pas d'eau, cet autre est inondé. Enfin, il rend la justice. Par la loi même qui autorise le percement d'un canal, les ingénieurs sont constitués magistrats et peuvent sévir contre quiconque contrevient au règlement : contre celui qui, frauduleusement ou non, prend plus d'eau que son compte, à un autre tour que le sien; contre celui qui, pour avoir davantage d'eau, fait une brèche dans le *water-course*, etc.

Avec la distribution de l'eau, de toutes les besognes la plus considérable est celle de l'établissement (assessment) de l'impôt. Et on le conçoit aisément, si l'on songe que les parcelles irriguées se comptent par centaines de mille, et qu'en certaines régions la moyenne de l'impôt qu'elles supportent ne dépasse pas 1 ou 2 roupies.

L'assessment repose sur la coopération de toute une série d'agents : le *patrol*, l'*ameen*, le *zilladar*, le *deputy collector*, l'*assistant engineer*, l'*executive engineer*. Le *patrol*, que nous connaissons déjà, visite son territoire de 1.500 à 3.000 acres irrigués, il fait sa ronde, il inscrit sur son registre les champs actuellement irrigués. L'*ameen* (salaire de 10 à 25 roupies par mois) surveille un territoire de 7.000 à 10.000 acres irrigués. C'est un indigène qui est capable de faire des mensurations avec exactitude; il mesure la surface irriguée et fait apposer sur son document, comme contrôle, la signature du chef ou du comptable du village. Le *zilladar* (salaire de 50 à 100 roupies) surveille de 30.000 à 50.000 acres et a, de plus que l'*ameen*, certaines connaissances de droit et de procédure; il contrôle le travail de l'*ameen* et propose le chiffre de l'impôt. L'*assistant engineer* contrôle leurs opérations à tous trois, fixe définitivement le chiffre de l'impôt, statue sur les remises demandées, etc. Enfin, l'*executive engineer* fait parvenir les chiffres arrêtés au *collector* du district, fonctionnaire de l'ordre politique et financier, qui les met en recouvrement. Entre le *zilladar* et l'*assistant*

engineer, a pu intervenir et intervient ordinairement un subordonné du *collector*, appelé *assistant collector*, lequel contrôle le *zilladar* (sauf en ce qui touche le chiffre de l'impôt), et tranche certaines questions litigieuses que soulève entre les paysans l'impôt proposé.

La série hiérarchique que je viens de présenter appartient aux Provinces-Unies. On la retrouve, dans les autres provinces, presque identique, quoique parfois avec d'autres titres appliqués aux divers fonctionnaires.

Si nombreux qu'ils soient, les fonctionnaires du service de l'irrigation ne le sont pas encore assez. Nous avons noté, dans l'organisation du Punjab, l'existence d'ingénieurs temporaires. Partout, dans les provinces qu'intéresse l'irrigation, on réclame, surtout sous l'influence des événements douloureux des dernières années, une augmentation du personnel. A Bombay, les ingénieurs ne sont pas en nombre, et l'on propose de créer une division des études, chargée de préparer un plan des travaux, pour un cycle de famines, constamment tenu à jour. Pour l'ensemble de l'Inde, on a annoncé récemment que le Gouvernement de l'Inde est prêt à examiner les offres de services de certaines catégories d'ingénieurs actuellement à la retraite et à les reprendre, pour une durée de cinq années, à raison de 800 roupies par mois. Il ne fait doute pour personne que les besoins croissants d'eau et de travaux exigent des coopérations nouvelles. La lenteur avec laquelle les travaux sont étudiés, préparés, discutés et finalement autorisés tient — pour paradoxal que cela paraisse — aux faibles états-majors des provinces et des présidences.

Les ingénieurs de l'Inde anglaise ont une grande réputation. Les techniciens assurent qu'elle est méritée. Beaucoup d'entre eux ont eu ou ont un nom dans la science : Cautley, le constructeur du prodigieux [1] canal du Gange, Baird-Smith, Dyas, Turnbull, fondateurs de cette école d'irrigation qui a triomphé même hors des Indes; sir Alexander Binnie, qui, des *Central Provinces*, où il ne put cependant faire accepter tous ses plans, est rentré en Angleterre pour construire les *water-works* de Birmingham et le célèbre pont de la Tour de Londres, et bien d'autres, d'un mérite supérieur, encore aujourd'hui en fonctions, aux Indes ou dans cette Égypte qui, devenue en fait province anglaise, n'a cru pouvoir faire mieux que d'emprunter le haut personnel de ses travaux d'irrigation aux services de l'Inde.

III. — Résultats de l'irrigation.

Les résultats de l'irrigation sont de deux ordres, d'ordre économique et d'ordre financier. Mais les deux ordres se lient et s'enchaînent. L'irrigation développe et perfectionne l'agriculture, enrichit l'agriculteur et grossit le Trésor public.

C'est un fait bien digne de remarque que l'irrigation peu à peu transforme non seulement les procédés de culture, mais les cultures elles-mêmes. Là où l'on était réduit à ne cultiver que les plantes les plus communes, le millet, par exemple, on peut, l'eau étant sous la main de l'agriculteur, lui substituer des cultures autrement rémunératrices : le blé, le riz, le coton, l'indigo, la canne à sucre. C'est toutefois une question qui se débat encore entre économistes que celle de savoir s'il faut, de préférence, appliquer l'irrigation seulement à ces cultures fondamentales dont subsiste le peuple : par exemple, le riz, le blé, ou, au contraire, à ces cultures, qu'on peut qualifier d'industrielles, le coton, l'indigo, la canne à sucre, qui lui donnent de gros profits et le mettent ainsi à même d'acheter les denrées dont il subsistera. Le doute vient de deux côtés : les cultures que, dans une langue barbare, les administrations appellent vivrières, n'ont pas toujours recours à l'irrigation; viennent de bonnes pluies, elles s'en contentent et laissent là sans emploi l'eau du canal amenée à grands frais par l'Administration. Et alors l'irrigation ne paie pas. Qu'elle ne paie pas, cela décourage d'entreprendre de nouveaux travaux et risque d'arrêter des progrès nécessaires. Au contraire, les cultures industrielles sont toujours forcées de recourir à l'irrigation. Elles en ont besoin ; elles paient pour l'eau un bon prix; elles incitent l'Administration, convenablement rémunérée, à en amener vers des centres nouveaux; et en même temps, l'agriculteur, que ces cultures enrichissent, est, par son profit même, mis à l'abri de la famine. Il n'a pas de grain, mais il a de quoi en acheter. La question posée dévie donc et se ramène à celle-ci : Qu'est-ce qui manque à l'Inde pour lutter contre la famine? Est-ce le grain, la subsistance? L'Inde n'en produit-elle donc pas assez? Ou est-ce le moyen de faire pénétrer ce grain dans les districts de famine? L'Inde n'a-t-elle donc pas assez de chemins de fer de *distribution*? Ou, enfin, est-ce la richesse? de quoi payer les denrées nécessaires à la vie? L'Inde ne gagne-t-elle donc pas de quoi vivre, et, si une

[1] Le mot prodigieux n'est pas exclusif si l'on considère :
1° Que ce genre de travaux était à l'époque nouveau;
2° Que Cautley avait devant lui une opposition formidable; on lui fit attendre trois ans l'approbation de ses plans;
3° Qu'il lui fallut faire venir tout d'Angleterre, jusqu'aux moindres parties de l'outillage et du matériel, à une époque où l'on mettait un an au voyage d'aller et de retour;
4° Enfin que le travail était, en soi, de dimensions colossales et comportait des travaux bien nouveaux dans l'Inde : aqueducs gigantesques, barrage, écluses, etc. (Voyez les figures 5, 6, 7, 8.)

mauvaise année survenait, de quoi attendre une année meilleure? La question, ainsi posée, dépasse le cadre d'un travail sur l'irrigation : nous la retrouverons ailleurs.

Menacée par la famine et aussi — fait digne d'être noté — mue par le désir de progrès, l'Inde étend chaque année son domaine irrigué. En 1900-1901, les travaux d'irrigation d'état ont distribué de l'eau à 20 millions d'acres. C'est, disent les documents officiels, le record de l'irrigation, la plus grande surface irriguée dont on se souvienne. Affirmation exacte sans doute, mais dont nous aurons à discuter les termes. En vingt ans, la surface irriguée a plus que doublé; depuis 1895, elle s'est accrue de quarante pour cent, et elle s'accroit chaque année de 500 à 750.000 acres. L'Inde a lieu de se féliciter d'un pareil résultat. Sur ces 20 millions d'acres (exactement 19 millions 3/4), Madras en a 6 milions 1/2; le Punjab le serre de près avec 6 millions, et certainement le dépasse, en 1903, par suite de l'ouverture de nouveaux canaux (Jhelum Canal) et de nouvelles branches de canal (Chenab Canal). Madras a agrandi son domaine irrigué de 1 million 1/2 d'acres en vingt ans, le Punjab de 3 millions en six ans; Bombay, y compris le Sind, sa dépendance administrative, vient en troisième ligne avec 3 millions 1/4 d'acres, dont le Sind à lui seul comprend 3 millions. Les Provinces-Unies peuvent arriver à 3 millions d'acres. Mais, en 1900-1902, ces mêmes Provinces-Unies n'ont irrigué que 2 millions d'acres. C'est que, dans ces Provinces, comme aussi dans celles de Bombay et du Bengale, l'agriculture ne recourt à l'irrigation que si la pluie lui fait défaut. En 1896-1897, année sèche, les Provinces-Unies irriguent 3 millions d'acres; mais en 1900-1901, où les récoltes de *Kharif* ont été convenablement arrosées par la pluie, elles ne demandent plus l'irrigation que pour 2 millions. Au contraire, dans le Sind, dans le Punjab, même à Madras, l'agriculture recourt à l'irrigation, quelle que soit la saison. Le Bengale, enfin, irrigue 3/4 de million d'acres; la Birmanie, 1 million et plus.

Le chiffre de 20 millions d'acres, représenté comme le domaine actuel de l'irrigation par un document officiel contemporain, est fait pour surprendre ceux qui ont seulement jeté les yeux sur des documents plus anciens. En 1882, par exemple, les deux Strachey écrivaient : L'agriculture de l'Inde se développe sur 200 millions d'acres, dont 30 millions sont irrigués. Or, vingt ans plus tard, un document officiel ne parle plus que de 20 millions à peine, et Lord Curzon, dans un discours public, mentionne, comme terme d'ambitions légitimes, le chiffre de 22 millions d'acres. C'est que les Strachey songeaient à l'irrigation totale du pays, par quelque procédé que ce fût : travaux d'État ou autres. Et voici comment ils répartissaient leurs 30 millions : 8 millions irrigués par de beaux travaux publics, 12 millions par les puits et 10 millions par d'autres procédés : citernes, digues, etc. Au contraire, lord Curzon ne fait allusion qu'aux « beaux travaux publics », aux travaux d'État. S'il fallait tenir compte des puits et autres procédés, il serait nécessaire de relever le total à 40 millions d'acres.

Et encore convient-il de répéter que l'on ne fait pas partout le meilleur usage de l'eau d'irrigation fournie par les grands travaux publics. Il y a gaspillage de la part de l'agriculteur, indifférence de la part de l'ingénieur. L'ingénieur — la remarque en a été faite par un ingénieur indigène, d'esprit pénétrant, M. Vivesvaraya, de Poona (Bombay) — n'est responsable que de l'entretien et du bon fonctionnement de ses réservoirs et de ses canaux. L'eau, amenée par lui, devient ce qu'elle peut Entre lui, qui la fournit, et le cultivateur, qui la paie et l'emploie, il n'y a pas d'entente : on pourrait faire mieux. Toutefois, il ne faut pas espérer que l'on puisse étendre presque indéfiniment l'aire irrigable de l'Inde. Sans doute, il y a encore bien des millions de mètres cubes d'eau qui vont se perdre dans la mer sans profit; et l'on peut encore faire des conquêtes sur le sable ou sur la sécheresse : mais il viendra un jour où les travaux à exécuter seront, comme dépense, hors de proportions avec le résultat à atteindre. L'irrigation alors ne paiera plus; et le développement s'en arrêtera avec le succès financier. Car personne ne peut douter que les immenses progrès accomplis depuis quelques années n'aient été encouragés et rendus possibles par les splendides résultats d'argent. L'irrigation est un excellent placement d'état.

Comment la distribution de l'eau peut-elle être un bon placement? L'eau, nécessité de la vie, doit-elle donc se payer? Dans des pays comme l'Europe, où la richesse s'est accumulée, cela se comprend. Mais aux Indes, pays pauvre, va-t-on mettre un impôt sur l'eau? En met-on sur l'air? L'argument d'analogie n'est pas solide : il n'est pas question d'imposer la pluie qui tombe pas plus que l'air qu'on respire; mais bien l'eau qu'on emmagasine, qu'on élève, qu'on apporte de loin au voisinage des champs et qu'on distribue. Lord Lytton, dans un discours qui date de 1878 ou de 1879, a discuté la question. Quand fut émise cette opinion qu'il conviendrait de faire payer l'eau, on lui disait « que le peuple ne voulait pas d'eau; qu'il préférait qu'on lui laissât courir le risque de famine; on lui dit même que l'eau de la Sone nuisait aux champs ». C'étaient là des racontars d'avant la mousson; quand, la mousson passée, on se vit sans

eau : « nous fûmes, dit lord Lytton, forcés d'ouvrir nos canaux inachevés et de donner de l'eau à 200.000 acres, qui, sans cela, seraient cette année-là demeurés stériles ». Aujourd'hui la question est vidée : on vend l'eau, à des prix très variables et par des moyens divers. Mais nulle part, dans l'Inde, on ne la donne pour rien.

Le prix de l'eau, c'est un impôt. La forme de cet impôt varie avec les provinces. Assez souvent, on met sur la terre, pour indemniser le Gouvernement de ses dépenses d'irrigation, deux impôts : 1° Un impôt sur celui qui cultive la terre, *occupier's rate*, impôt payé par le *ryot* (agriculteur), et qui varie avec l'étendue cultivée et aussi avec la nature de la culture irriguée ; 2° ensuite un impôt sur la propriété elle-même, à raison de l'augmentation de valeur que l'irrigation lui procure. Cet impôt sur la propriété prend deux formes successives : quand l'eau arrive sur le champ pour la première fois, on inscrit à la charge du propriétaire un impôt nouveau, *owner's rate*. Puis, quand arrive l'époque périodique de reviser l'impôt foncier (revision de l'*assessment*), tous les 30 ans ordinairement, on ajoute au chiffre d'impôt jusqu'alors payé pour la propriété une quantité nouvelle qui correspond à l'accroissement de valeur de cette propriété : c'est le *enhancement of Land Revenue*. Ordinairement le propriétaire essaie — et n'y parvient souvent qu'avec quelque difficulté — de reprendre à son métayer, par une élévation du fermage, cet accroissement de l'impôt qu'il paie à l'Etat.

Pourquoi deux impôts distincts, s'adressant l'un au cultivateur, l'autre au propriétaire? Pourquoi ne pas tout demander directement au cultivateur, le seul en somme qui use de l'eau, sans s'adresser au propriétaire. D'abord par un sentiment de protection pour le *ryot* : le propriétaire, dès que l'eau vient sur sa propriété, ne manque pas d'élever le loyer de sa terre; qu'on y joigne encore un impôt unique et trop lourd, cela écraserait le cultivateur. Ensuite par un sentiment d'égalité et de justice. Quand un canal est ouvert et que l'irrigation devient possible, aussitôt tous les champs que le canal peut desservir augmentent de valeur. Parmi les cultivateurs de ces champs, les uns useront ou non de l'eau pour irriguer et en conséquence paieront l'impôt, *occupier's rate*, ou ne le paieront pas. Mais le propriétaire du champ, que le *ryot* irrigue ou non, a vu croître la valeur vénale et locative de ce champ, et, en toute justice, il doit payer pour cela un impôt correspondant : le *owner's rate*. Toutefois, on comprend que, dans les régions où la population est si nombreuse, la demande de terres à cultiver est, à l'ordinaire, plus abondante que l'offre, et que le propriétaire est facilement maître d'imposer au métayer même les conditions contraires au vœu de la loi.

Ainsi que je l'ai dit, on ne rencontre pas ces deux impôts partout. Dans le Bengale, les propriétaires, *zemindars*, quoiqu'ils aient relevé le loyer de leurs terres irriguées, échappent au *owner's rate*, parce que depuis plus de cent ans Lord Cornwallis y a consolidé une fois pour toutes l'impôt foncier : *permanent settlement*. Mais, dans la province d'Orissa, l'Administration fait des révisions périodiques de l'impôt, et reprend peu à peu aux propriétaires les bénéfices qu'ils ont réalisés sur les ryots.

L'*occupier's rate* n'a pas la même forme partout. Dans certaines provinces, on fait payer au cultivateur un impôt uniforme, proportionnel à la quantité d'eau qu'il consomme; dans d'autres, on le taxe d'après la nature de la récolte que porte son champ. Les résultats des deux modes d'assiette de l'impôt ne varient guère, l'expérience ayant appris que telle culture exige plus d'eau, et telle autre moins. Toutefois, cela implique que dans chaque province on proportionnera l'impôt à la valeur de la récolte obtenue. Car un acre de terre irriguée et consacrée à une même culture donne, dans les différentes provinces, une récolte de valeur tout à fait différente. La récolte d'un acre de terre irriguée et portant du riz est : dans le Bengale, de 17,1 roupies; dans les Provinces-Unies, de 27,6; dans le Punjab, de 37,3, et enfin dans Bombay, de 36,6. De même, la récolte d'un acre de canne à sucre vaut, dans le Bengale, 53,3 roupies; dans les Provinces-Unies, 66; dans le Punjab, 100, et dans Bombay, 283. Des rendements si différents exigent chez le Gouvernement une grande attention à y proportionner les taxes d'irrigation. Pour cela, il évalue la récolte.

Dans plusieurs provinces, mais non pas dans toutes, l'impôt sur la propriété irriguée arrive à se confondre avec l'impôt foncier. A Madras, par exemple, on l'inscrit au budget sous le nom de *Wet Land revenue*, revenu de la terre arrosée. On confond ainsi deux sources de revenus. Cela n'aurait pas d'inconvénient si, dans l'intérêt même de l'irrigation et de son développement futur, il n'était indispensable de savoir quelles sont les recettes propres dues à l'irrigation. Ceci se comprendra mieux plus tard, quand j'aurai expliqué ce que c'est que les *productive works* et à quelles conditions le Gouvernement est disposé à les entreprendre. En conséquence, là où, comme dans le Sind, ou comme à Madras, on a confondu l'impôt sur la terre avec l'impôt sur l'eau, il faut, de toute nécessité, établir une ventilation. Dans le Sind, on porte 90 % du total au crédit de l'irrigation, probablement parcequ'avant l'irrigation la terre n'avait aucune valeur. A Madras, la proportion est beaucoup

moins forte : une partie va au crédit des travaux d'irrigation, une autre au crédit du *Land revenue*.

A Bombay, où — exception faite du Sind — les canaux sont peu nombreux, on a recours surtout à l'irrigation par puits. Et, en conséquence, le Gouvernement a établi un impôt sur l'eau de puits (*water advantage rate imposed upon lands which have subsoil water*, impôt sur le profit retiré de l'eau par les terres qui ont des eaux souterraines). Le Gouvernement a donc intérêt à ce que les paysans creusent plus de puits, et, aux plus pauvres d'entre eux, il consent des avances (*takavi*). Mais, s'il veut que le paysan puisse amortir l'emprunt avec son profit, il doit prêter l'argent à un taux d'intérêt très faible.

Les gouvernements sont maîtres du prix auquel ils font payer l'eau. Et ce prix varie de province à province. L'impôt représente en moyenne : 1,14 roupie par acre irrigué dans Orissa, 2,40 dans le Punjab (Bari Doab), 2,46 dans le canal du Bas Gange, 2,47 dans le Sone-Canal (Bengale) et jusqu'à 3,27 à Agra (Provinces-Unies). Si on l'établit sur la nature de récolte, il varie de 1 roupie l'acre pour le riz (dans le Sind et le Bengale) à 20 roupies pour la canne à sucre (Bombay) : il ressort, en moyenne, à 2,8 roupies par acre. Mais toutes ces moyennes sont sujettes à caution : j'ai relevé, dans les documents et dans les livres, des chiffres inadmissibles.

Par rapport à la valeur des récoltes, on estime que l'impôt de l'eau représente 6 °/₀ dans le Bengale (riz, indigo), 9,2 dans les Provinces-Unies (récoltes diverses), 7,9 dans le Punjab (blé, coton), 13,6 dans Madras (presque exclusivement du riz) et 7,8 dans Bombay (cultures riches : canne à sucre, etc.).

Beaucoup estiment qu'en moyenne le prix de l'eau, l'impôt d'irrigation est trop bas. On ne peut cependant le relever sans danger. L'agriculteur en serait découragé. La difficulté vient surtout de ce que ce prix est trop bas là où l'eau est plus rare. Plus elle est rare, plus elle a coûté cher au Gouvernement qui l'amène et la distribue. Mais, s'il prétendait la céder au cultivateur à son prix de revient, ce prix serait si élevé que le cultivateur déserterait la terre et laisserait là le Gouvernement avec ses dépenses inutiles.

Les prix de revient sont, d'ailleurs, assez contestables. Voici, par exemple, le Sind. Il a hérité des anciens maîtres du pays des canaux, médiocres sans doute, mais qu'on utilise. Ces canaux, on n'a pas eu à les creuser, on n'a qu'à les entretenir. On joint cependant les profits qu'ils donnent aux profits de ceux qui ont exigé un capital de premier établissement, et cela donne des moyennes exagérées. Les comptes en deviennent un peu trop beaux.

Ailleurs, d'autres éléments viennent compliquer les comptes. Certains canaux sont canaux de navigation en même temps que canaux d'irrigation. Des produits totaux, il importe de défalquer ce qui concerne la navigation. De même, il en faut déduire la vente de force à quelques usines ou moulins, la vente d'eau à certaines villes, le produit des plantations, propriétés de l'Administration, etc. Tout cela ne va pas, d'ailleurs, au delà de 6 ou 7 °/₀ du total.

Enfin, si l'on veut arriver à dégager le produit net des travaux d'irrigation, il faut tenir compte de plusieurs autres éléments : l'intérêt du capital engagé, les frais d'entretien et de fonctionnement, les dépenses nécessitées par l'établissement et le recouvrement de l'impôt [1]. Ceci nous amène à l'examen des résultats financiers obtenus par les diverses entreprises, et d'abord à la distinction capitale entre les Travaux Productifs et les Travaux de Protection.

C'est une distinction, aujourd'hui classique aux Indes, mais qui ne date pas de très loin, du moins si l'on s'en tient à la terminologie. Mais, pour le fond, elle est presque aussi ancienne que l'intervention britannique dans l'irrigation aux Indes. Lorsque Lord Lawrence résolut, en 1867, de lutter contre la famine par de grands travaux d'irrigation, le colonel, depuis général Strachey, auteur principal de ce plan, avait fait admettre que nul travail ne serait entrepris qui ne paraîtrait pas devoir « payer » au bout d'un temps raisonnable. On espérait que les bénéfices de ces entreprises peu à peu suffiraient à faire face aux dépenses d'exploitation et, plus tard encore, à l'intérêt du capital engagé. Enfin, on se flattait de pouvoir plus tard développer les travaux d'irrigation avec les fonds du budget. Pour le moment, on les abordait avec des fonds d'emprunt : d'où leur nom « d'extraordinaires », c'est-à-dire travaux non ordinaires, non payés sur le budget. Si je ne me trompe, c'est sous la vice-royauté de Lord Lytton, pour la première fois en 1876-1877, qu'on vit paraître dans les documents l'expression *productive public works*, opposée à ce qu'on appelait alors : « travaux d'un caractère préventif (*of a preventive character*) et dont l'initiative devait être prise, comme les fonds devaient en être fournis, par les Gouvernements provinciaux. Aujourd'hui on les appelle, les uns *productive works*, les autres *protective works*.

Des travaux productifs (*productive works*), c'est le Gouvernement de l'Inde qui fournit les fonds; il les emprunte, grâce à son crédit solidement

[1] Ces frais d'établissement et de perception de l'impôt représentent au Bengale 33,2 °/₀ du produit brut; dans les Provinces-Unies, 14,3 °/₀; dans le Punjab, 13 °/₀, à Madras, 10,3 °/₀; à Bombay, 11,5 °/₀.

établi sur les marchés financiers, et c'est la province du lieu de ces travaux qui en paie l'intérêt ; mais quel travail sera déclaré productif? C'est un travail dont on espère qu'il rapportera de quoi payer à la fois toutes ses dépenses de fonctionnement et d'entretien et un intérêt minimum de 4 °/₀ sur le capital engagé dans la construction. Et nul travail ne sera autorisé en qualité de productif si l'on ne démontre pas comme indubitable que l'irrigation, quand elle aura atteint son plein développement, pourra faire face à cette double dépense. Aujourd'hui, — et en attendant qu'on change, — on est très sévère et l'on exige plutôt deux preuves qu'une. Mais, autrefois, on a rangé parfois un peu imprudemment dans les travaux productifs des entreprises qui n'ont pas été rémunératrices et dont il a fallu mettre plus tard les dépenses d'entretien à la charge du budget général de l'Inde. Dans cette dernière catégorie, il n'y a pas eu moins de treize de ces entreprises : les canaux d'Orissa, de la Sone, de Midnapur, etc..., les uns dans le Bengale, les autres dans le Deccan et dans le Guzarat. En revanche, il y a 21 travaux productifs et 7, encore en construction, qu'on pense le devoir être. Les 21 travaux productifs ont coûté, entre eux tous, 218 millions de roupies, et ont donné, en 1898-99, 21 millions de revenu net, ce qui représente 9,62 °/₀ du capital engagé. Mais ce n'est pas tout. Le total du revenu net des années successives, jusqu'à la fin de 1898-99, s'élève à 336 millions de roupies ; le total de l'intérêt du capital, à la même date, ne s'est élevé qu'à 185 millions de roupies ; ce qui, après paiement des dépenses d'entretien, de fonctionnement, et de l'intérêt du capital, laisse un bénéfice net total de 150 millions de roupies. En revanche, les 13 travaux non productifs ont coûté 97 millions de roupies et ne rapportent que 692.000 roupies par an, soit 0,71 °/₀ et laissent une perte de 80 millions environ.

Les *protective works* sont les travaux entrepris comme travaux de protection contre la famine et dont les fonds sont fournis par une caisse spéciale, appelée caisse de famine (*Famine Grant*). De ces protective works, il y en a 5, aux Indes, qui fonctionnent. Ils irriguent entre eux tous 302.000 acres, ont coûté 20.700.000 roupies et en rapportent 477.000 par an, environ 2,30 °/₀. Mais sur ces 5 protective works, il en est un, le *Swat River Canal*, dans le Punjab, qui mérite une mention particulière. Il avait été effectivement construit comme *protective work*, pour protéger contre la famine ce district montagneux, où la pluie ne dépasse jamais 15 pouces et parfois n'en atteint que 5. Mais il est arrivé que l'irrigation a trouvé faveur parmi la population et pris dans le pays un développement considérable. Le capital engagé dans le Swat Canal était, au 31 mars 1900, de 4.145.000 roupies, et les recettes totales de l'année de 459.295. Les dépenses de fonctionnement n'ont pas dépassé 64.000 roupies, en sorte que les recettes nettes se sont élevées à 395.393, soit 9,57 °/₀ (en 1901, 10,41 °/₀). Si l'on en retranche l'intérêt du capital engagé, 157.355 roupies, le bénéfice annuel ressort à 5,76 °/₀.

Productive Works et *protective Works* constituent une classe de travaux qu'on appelle : grands travaux (*Major Works*). Pour tous ces travaux, on tient la comptabilité à la fois en capital et en revenu. Mais il y a une autre classe de travaux moins importants, qu'on appelle *Minor Works* et qui forment trois catégories selon leur degré d'importance : (1°) ceux dont on tient la comptabilité à la fois en capital et en revenu, ou (2°) seulement en revenu, ou (3°) dont on ne tient aucune comptabilité. Parmi les *minor Works* de première catégorie, qui irriguent une superficie de 2.800.000 acres et ont exigé un capital de 33 millions de roupies, figurent, par exemple, les canaux d'inondation du Punjab et du Sind, qui irriguent respectivement 664.000 et 981.000 acres, et rapportent 24,56 °/₀ et 18,71 °/₀ ; les digues de Birmanie, qui protègent un demi-million d'acres et rapportent 19,3 °/₀ du capital, etc.

Le 31 mars 1901, on avait, pour les travaux dont on tient les comptes en capital, dépensé 425 millions de roupies[1] ce qui équivaut, au cours actuel de la roupie, à plus de 700 millions de francs, mais représente, avec les cours plus élevés de la roupie dans les périodes précédentes, un chiffre bien plus important. Ces travaux ont donné, dans la dernière année, un revenu net de 27 millions et demi de roupies, soit 6,75 °/₀ du capital engagé. Et les récoltes qui ont poussé sur le territoire grâce à eux irrigué, ont eu, cette même année, une valeur de 415 millions de roupies, c'est-à-dire égale à peu près à ce qu'ont coûté ces mêmes travaux. Si, au lieu de cette catégorie spéciale de travaux, on considère les travaux d'irrigation, quels qu'ils soient, le revenu brut annuel en a été de 57 millions et demi de roupies, et le revenu net, déduction des frais d'entretien et de fonctionnement, de 36 millions de roupies.

Au 31 mars 1901, le Punjab comprenait 16.355 milles de canaux et de *distributaries* actuellement en usage, irrigant 6.551.000 acres, et faisant lever des moissons d'une valeur de 156 millions de roupies, tandis que le capital engagé dans ces travaux ne dépasse pas 101 millions. Déduction faite des dépenses d'entretien et de fonctionnement, les recettes de l'année laissent un revenu net de

[1] Dans les documents anglo-indiens, on écrit cela 42 crores et demi ; un crore = 100 lakhs ; un lakh = 100.000 roupies ; 1 crore vaut donc 10.000.000 roupies.

10.800.000 roupies, soit 10,67 °/₀ du capital engagé. Le cultivateur paie l'eau, en moyenne, 2,75 roupies par an, soit le $\frac{1}{11}$ de la valeur de la récolte.

Les Provinces-Unies ont pratiqué l'irrigation moderne longtemps avant le Punjab. Et, avant l'irrigation par canaux, elles pratiquaient déjà l'irrigation par puits. Elles n'avaient donc pas, comme le Punjab, l'avantage d'opérer sur un terrain neuf. Néanmoins, elles ont creusé des canaux gigantesques qui ont absorbé 90 millions de roupies; leurs recettes totales s'élèvent, année moyenne, à 9 millions de roupies, et le revenu net, déduction des frais d'entretien et de fonctionnement, à environ 6 millions : soit 6,60 °/₀ du capital engagé[1]. Les récoltes que donne la superficie irriguée (laquelle, année moyenne, est de 2 millions et demi d'acres) valent 90 millions.

Madras, grand centre d'irrigation, a des formes d'irrigation si variées qu'il est difficile d'en donner, en quelques lignes, un aperçu exact. On y compte cinq classes de travaux : Les *major productive and protective works* (au nombre de neuf); les *minor works* dont on tient les comptes en capital et en revenu (au nombre de vingt-trois); les *minor works* de chacun desquels on dresse le bilan en dépenses et en recettes (au nombre de quarante-six); les *minor works* dont on ne tient les comptes ni en capital ni en revenu (ils sont très nombreux), etc. Le territoire irrigué, en 1899-1900, a été de 6.114.000 acres (pour deux récoltes). Le revenu brut total provenant de l'irrigation rendue possible par ces divers travaux a été de 23 millions de roupies, en 1898-99, et de 20.175.000, en 1899-1900. Sur ce total, les neuf grands travaux de la première classe ont fourni 7 437.369 roupies, et ceux des trois autres classes, 12.700.791 roupies. Pour les *major productive works*, les seuls que l'on puisse comparer, sans trop d'inexactitude, à ceux du Punjab et des Provinces-Unies, le revenu net, c'est-à-dire après déduction des frais d'entretien et d'exploitation, a été de 5.459.527 roupies, soit 8,12 °/₀; et le profit net, après déduction des intérêts du capital engagé, a été de 2.951.875, soit 4,39 °/₀. Ce profit est fortement réduit par le fait du canal de *Kurnool-Cuddapah*, qui ne paie pas ses frais d'exploitation et qu'il a fallu racheter, ainsi que nous l'avons dit plus haut, en 1882-1883.

Parmi les travaux productifs de l'Inde, il en est dont les recettes sont énormes : le système du *Delta du Cauvery* (*Madras*) rapporte plus de 41 °/₀; l'*Eastern Jumna Canal* (Provinces-Unies), plus de 28 °/₀; le *Begari Canal* (*Sind*), plus de 19 °/₀; le système du *Delta du Godaveri* (*Madras*), plus de 18 °/₀; celui du *Delta du Kistna* (*Madras*), plus de 15 °/₀; le *Bari Doab Canal* (*Punjab*), plus de 13 °/₀, etc., L'ensemble de l'irrigation de l'Inde rapporte près de 7 °/₀.

Ces résultats sont bien de nature à encourager le Gouvernement de l'Inde et à le pousser à développer encore les travaux d'irrigation. Chaque année, en moyenne, il affecte à ces travaux une somme de 75 millions de roupies. Mais on peut se demander s'il aura la possibilité de maintenir longtemps ce crédit considérable. Il peut être amené à le restreindre par des circonstances qu'il n'est pas inutile de mentionner. Ces circonstances ne sont pas d'ordre financier : le Gouvernement de l'Inde ne manquera probablement jamais de ressources pour exécuter des travaux utiles. Mais aura-t-il toujours devant lui la perspective de travaux utiles et efficaces?

Les travaux d'irrigation sont de deux sortes : travaux *productifs*, dont les résultats doivent être tels qu'ils donnent des recettes pour payer l'entretien et l'intérêt du capital engagé; et travaux de *protection*, travaux de famine. Or, pour l'une et l'autre catégorie de travaux, on se heurte à une difficulté, à un doute.

Pour les travaux de famine, faut-il à l'avenir les entreprendre quels qu'ils soient, pourvus ou non de toute utilité pratique, de toute efficacité réelle? faut-il leur demander cet effet unique : fournir, pendant une période de famine, à des populations ruinées, du travail et un salaire grâce auquel elles peuvent acheter de quoi subsister? faut-il, au contraire, exiger, en plus, que les travaux de famine entrepris créent pour l'avenir une protection efficace contre la sécheresse?

Pour les travaux productifs, faut-il exiger rigoureusement que, les frais d'exploitation et d'entretien payés, ils rendent environ 4 °/₀ du capital engagé et laissent un profit? ou faut-il se passer du profit et se contenter d'un intérêt moindre que 4 °/₀.

Ces deux questions, dont la solution pratique ne va pas sans difficultés, dépendent de la politique générale que l'Administration entendra suivre. Pour un étranger désintéressé, mais dont le désintéressement n'est qu'apparent, parce que la solution donnée pour l'Inde, possession anglaise, pèsera indirectement sur l'Indo-Chine, sur l'Afrique

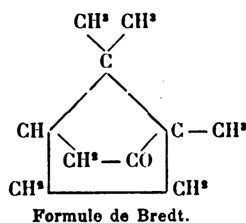
[1] Les Anglais, dans cette comptabilité des travaux d'irrigation, font trois opérations :
1° Ils établissent le total des recettes de toutes natures; c'est le *revenu brut*;
2° De ce premier total, ils déduisent les frais d'exploitation, de fonctionnement, d'entretien (sauf celles qui sont portées au compte de premier établissement) et ils obtiennent ainsi le *revenu net*;
3° De ce dernier chiffre, ils retranchent l'intérêt du capital engagé, à 4 °/₀ pour les années antérieures, et à 2 °/₀ pour l'année courante, et ils obtiennent ainsi le *profit* net de l'opération.

Occidentale, etc., possessions françaises, voici quelle semblerait être la réponse : L'Angleterre a déjà fait beaucoup pour l'Inde. Les bienfaits qu'elle lui a assurés sont immenses et durables : la paix, l'ordre, la justice et, sur certains points, la prospérité. Mais on ne peut nier que, dans son budget des dépenses, elle n'ait parfois fait passer l'intérêt de la domination britannique avant celui de la population indigène. Pour échapper au reproche d'égoïsme et d'oppression, elle se doit à elle-même de prélever, sur un budget alimenté par les indigènes, de quoi sauver, autant que cela dépend d'elle, ces indigènes de la famine et de la sécheresse. C'est dire que, pour les travaux de famine, elle est moralement tenue de les entreprendre, même si elle n'en attend pas pour l'avenir de résultat durable; et que, pour les futurs travaux productifs, elle fera bien, si cela est utile, de n'en exiger aucun profit net et d'abaisser, même au-dessous de 4 °/₀, l'intérêt qu'elle compte retirer du capital engagé. A ces conditions, elle méritera la confiance et la sympathie du peuple dont elle a assumé de conduire les destinées.

Joseph Chailley-Bert,
Secrétaire général
de l'Union coloniale française
Professeur à l'Ecole libre des Sciences politiques.

LES CAUSES
DE LA COMPLEXITÉ DE LA QUESTION DU CAMPHRE

La constitution du camphre peut être aujourd'hui considérée comme fixée, puisque les différents auteurs qui professaient autrefois les opinions les plus contradictoires sont tous tombés d'accord pour admettre comme vrai le schéma suivant, celui qui porte, dans la littérature, le nom de formule de Bredt :



Formule de Bredt.

Ce n'est pas sans de très longues, souvent très âpres discussions qu'une entente générale a fini par se produire sur la formule ci-dessus. Aussi le but de cette conférence est-il de montrer pourquoi des auteurs, dont l'habileté, la connaissance profonde du sujet et la bonne foi sont indiscutables, ont été amenés à défendre, avec la plus grande énergie, des formules différentes. C'est par suite de la structure spéciale du camphre, qui provoque, sous l'action des réactifs ordinaires, des résultats qui, à l'époque où on les a obtenus, étaient inattendus, par suite de nos connaissances trop restreintes, que l'on a donné souvent une interprétation erronée de résultats expérimentaux exacts, d'où il est résulté une formule fausse.

Aujourd'hui, notre savoir sur ce sujet si délicat s'est étendu ; nous sommes plus familiarisés avec telle ou telle réaction qui, autrefois, nous paraissait inadmissible, entre autres avec la migration du méthyle, à laquelle je vais faire un fréquent appel tout à l'heure.

Je ne reviendrai pas ici sur la discussion des anciennes formules, discussion que j'ai déjà eu, du reste, l'occasion de faire ici même[1]; mais je veux montrer quelques réactions-types parfaitement régulières au cours desquelles le camphre se transforme en changeant *complètement de structure*. On verra combien, après un certain nombre de ces réactions, l'interprétation *exacte* des résultats était difficile, le plus souvent même impossible, et, ce faisant, je plaiderai moi-même ma propre cause, car j'ai aussi défendu autrefois, et avec la plus grande opiniâtreté, une formule que je croyais être la seule, la vraie, parce qu'elle était basée sur des expériences extrêmement probantes, mais au cours desquelles, sans que je pusse m'en être douté un instant, une de ces réactions inattendues, quoique parfaitement normales, s'était produite.

Lorsqu'on a fait une réaction et qu'on n'arrive pas au résultat cherché, on se tire d'affaire en disant : « Il y a eu transposition moléculaire »; c'est un moyen commode, mais qui n'explique rien. Les transpositions moléculaires sont des réactions comme les autres, qu'il faut expliquer, parce que, si les atomes migrent, c'est qu'ils ont une raison pour le faire; aujourd'hui, nous avons réglementé quelques-unes de ces fameuses transpositions; nous pouvons même les prévoir, et elles rentrent dans nos exemples familiers; telles sont, comme on le sait, la réaction pinacolique et les très nombreuses transformations de dérivés du cyclopentane en dérivés hexagonaux. Il y en a encore bien d'autres, que nous sommes obligés d'ad-

[1] Voyez G. Blanc : Les relations entre le camphre et les terpènes. *Revue* du 28 février 1900, t. XI, p. 175.

mettre, quoique nous n'en connaissions pas encore le mécanisme; mais il n'y a aucune réaction qui ne doive être expliquée et même prévue, si compliquée soit-elle.

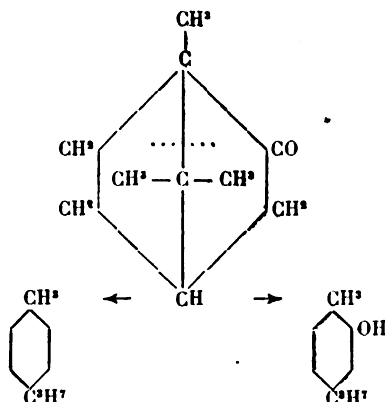
Les atomes de carbone du camphre ne se comportent pas autrement que d'autres, mais leur assemblage est tel qu'il donne à la molécule de ce corps une allure absolument spéciale et que l'on ne rencontre nulle part ailleurs. Au surplus, la résolution du problème comportait la connaissance de faits très curieux, dont beaucoup sont à présent classiques, mais que nous ignorions autrefois totalement.

I

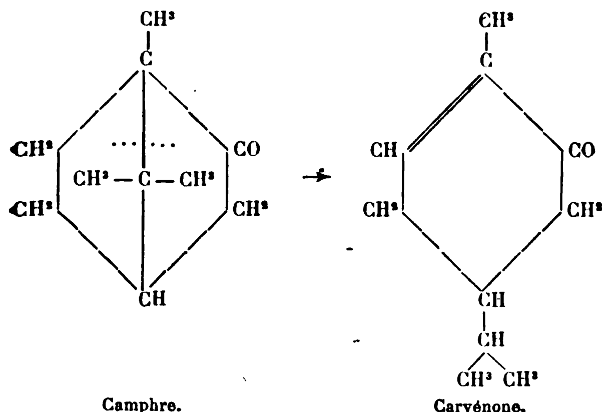
Une des réactions les plus remarquables du camphre est celle où la chaîne :



se trouve rompue; par exemple, dans la transformation du camphre en *cymène* et en *carvacrol :*

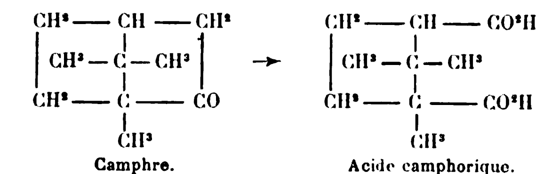


Sous l'influence de l'acide sulfurique ou du chlorure d'aluminium, le camphre se transforme, par le même mécanisme, en *carvénone*[1] :

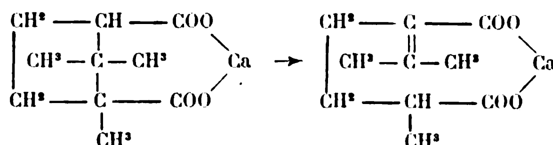


Camphre. Carvénone.

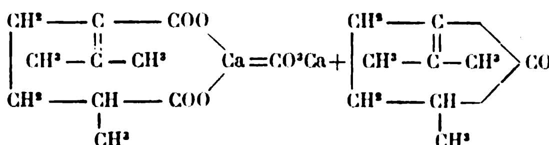
La formation de la *phorone* se conçoit aussi assez facilement. La molécule du camphorate de chaux commence par subir la rupture signalée :



Camphre. Acide camphorique.

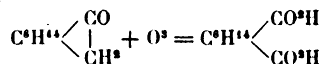


Mais le produit intermédiaire obtenu, se trouvant être le sel de calcium d'un acide adipique substitué, subit immédiatement la décomposition bien connue :

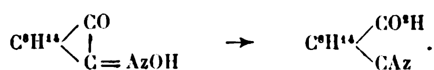


Telle est, en effet, la constitution de la phorone, d'après les recherches analytiques de Kœnigs et Eppens, et le travail synthétique de M. Bouveault[1].

La constitution de l'acide camphorique, qui dérive du camphre par oxydation, découle de l'équation :

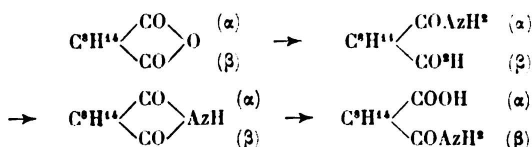


et aussi de la transformation de l'isonitrosocamphre en mononitrile camphorique (transposition de Beckmann) :



L'étude des produits de dégradation de cet acide camphorique va nous faire passer en revue une série de migrations fort intéressantes.

L'anhydride camphorique, traité par l'ammoniaque, fournit l'*acide α-camphoramique*; celui-ci, chauffé, perd une molécule d'eau pour donner la *camphorimide*; cette dernière, hydratée par la soude, se change en acide β-*camphoramique*, ce que nous exprimerons par les formules[2] :

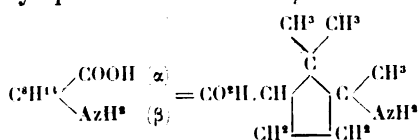


[1] J. Bredt : *Chem. Zeitung*, Déc. 1900. — G. Blanc (comm. particulière).

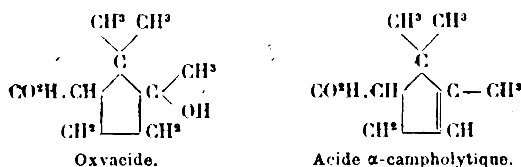
[1] Kœnigs et Eppens : *Ber.*, t. XXV, p. 260 et t. XXVI, p. 820. — L. Bouveault : *Bull. Soc. Chim.*, (3), t. XXIII, p. 160.

[2] W. A. Noyes : *Am. Chem. Journ.*, t. XVI, p. 500. — *Ber.*, t. XXVIII, p. 547 et t. XXIX, p. 2326.

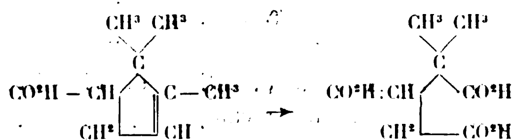
Cet acide β-camphoramique, oxydé par l'hypobromite de soude (réaction d'Hofmann), est transformé en un acide aminé, l'acide dihydroamino-α-campholytique :



Enfin, l'acide nitreux, agissant sur ce dernier acide, le change en un mélange d'acide-alcool, d'acide incomplet correspondant, et de lactone :



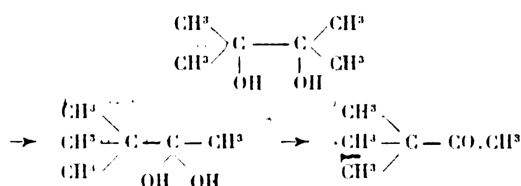
Remarquons que le premier de ces deux acides est un acide-alcool γ. Cependant, quand on le distille, il ne se transforme point en lactone; traité par un acide, il n'en donne point non plus; toutefois, sa constitution est démontrée par le fait que, si l'on fait agir sur lui l'acide bromhydrique, il fournit un acide bromé, lequel, sous l'influence de la potasse, se transforme en acide campholytique[1]. Quant à ce dernier, l'oxydation nitrique le convertit en acide diméthyltricarballylique, ce qui démontre sa constitution[2] :



Voici donc déjà une exception intéressante; nous allons en voir d'autres qui ne le sont pas moins.

J'ai dit tout à l'heure que, si l'on traite l'acide hydroxycampholytique α (ou l'acide campholytique lui-même) par un acide étendu, on n'obtient *point* de lactone. Il se forme, dans ce cas, un nouvel acide incomplet, isomérique avec l'acide α-campholytique, en vertu d'une migration que je vais exposer.

On sait que la pinacone, chauffée avec l'acide sulfurique étendu, se transforme en pinacoline; la réaction est la suivante :

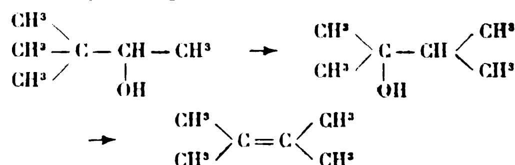


[1] W. A. Noyes : *Loc. cit.*

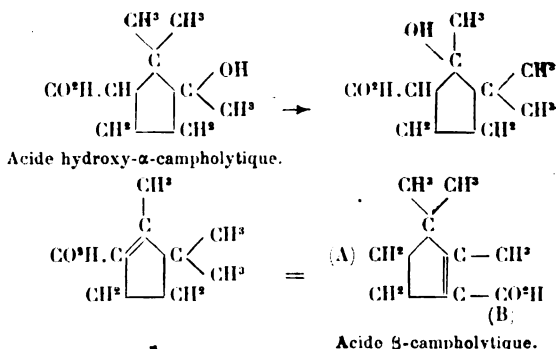
[2] F. Tiemann : *Ber.*, t. XXXIII, p. 2950. — G. Blanc : *Bull. Soc. Chim.*, (3), t. XXI, p. 830.

On voit clairement qu'il y a eu échange dans la molécule entre un groupe méthyle et un oxhydrile et vice-versa.

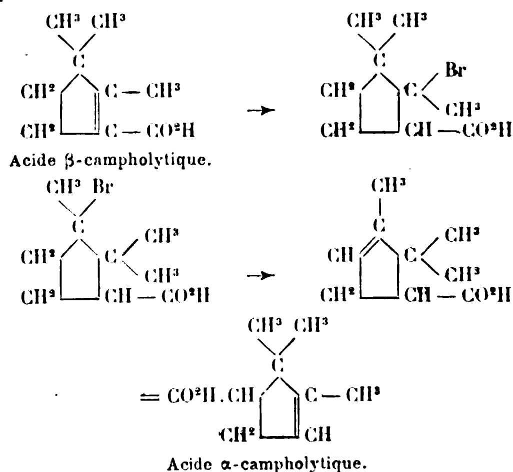
Inversement, si nous hydrogénons cette pinacoline, nous obtenons l'alcool pinacolique, qui, convenablement déshydraté, se change en tétraméthyléthylène symétrique :



Appliquons maintenant ces connaissances au cas qui nous occupe; nous aurons :



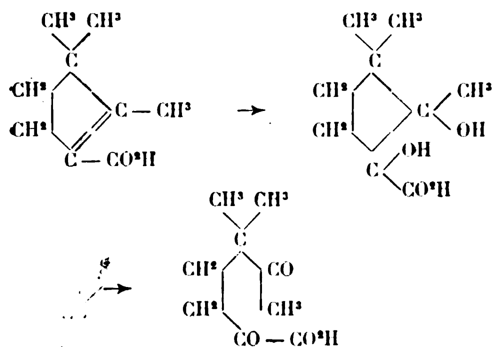
Si nous examinons le schéma qui représente l'acide β-campholytique ainsi obtenu, nous remarquons immédiatement que le résultat *apparent* de la transposition a été de faire passer le carboxyle de la position (A) dans la position (B). Nous savons, en réalité, que, seul, un groupe méthyle a changé de place dans la molécule. Inversement, de même que la pinacoline peut se transformer en tétraméthyléthylène symétrique, l'acide β-campholytique est susceptible d'être converti en acide α-campholytique; il suffit de le traiter par l'acide bromhydrique fumant, et le produit obtenu par la potasse aqueuse[1] :



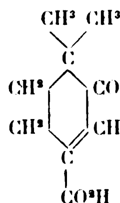
[1] J. Walker : *Chem. Soc.*, t. LXIX, p. 748.

L'étude de l'acide β-campholytique (iso-lauronolique) va nous faire passer en revue une série de réactions fort intéressantes.

L'oxydation de cet acide par le permanganate donne, conformément aux règles connues, naissance aux composés intermédiaires :

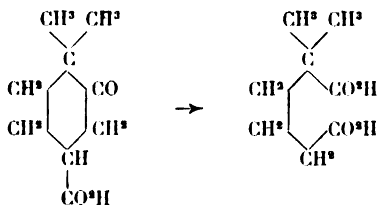


Le dernier de ces acides, se trouvant être un acide δ-cétonique, ferme, en solution alcaline, sa chaîne en donnant un acide non saturé, l'acide isolauronique [1] :



Chose assez étrange, ce nouvel acide incomplet est relativement stable en présence du permanganate.

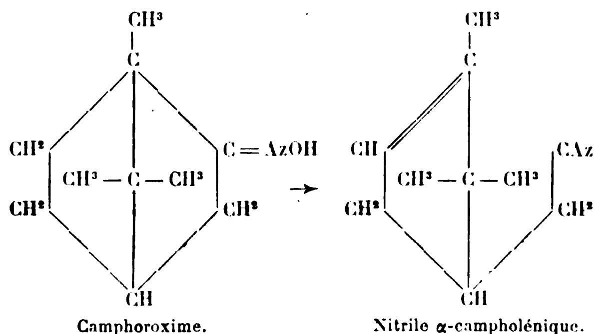
La réduction en milieu alcalin par l'amalgame de sodium donne lieu à la formation — ce qui est une anomalie apparente — d'un acide cétonique saturé. Enfin, l'oxydation de celui-ci donne l'acide αα-diméthyladipique, ce qui prouve sa constitution [2] :



Nous verrons, tout à l'heure, dans un autre groupe de transpositions, revenir l'acide β-campholytique.

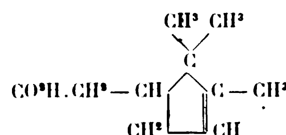
II

Lorsqu'on traite la camphoroxime par un déshydratant approprié, la molécule subit une rupture avec formation de nitrile α-campholénique :



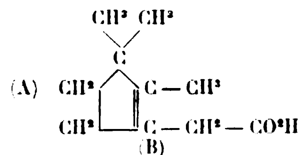
Camphoroxime. Nitrile α-campholénique.

L'acide correspondant :



l'acide α-campholénique, n'est autre chose que l'homologue supérieur de l'acide α-campholytique, et, de même que ce dernier se transforme en son isomère, l'acide β-campholytique (isolauronolique), sous l'influence des acides étendus, l'acide α-campholénique est susceptible de fournir également un isomère, l'acide β-campholénique.

La formule de constitution de ce dernier :

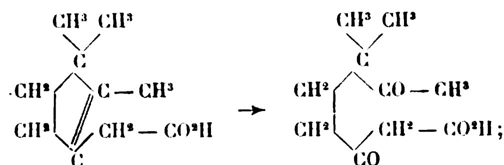


en fait l'isomère de l'acide β-campholytique, et il est aisé de voir qu'au cours de la transposition qui s'est accomplie, et qui est exactement la même que celle que nous avons précédemment étudiée, le groupe $—CH^2—CO^2H$ — a *paru* migrer de la position (A) dans la position (B).

Nous savons, en réalité, que seul un groupe méthyle CH^3 a changé sa place dans la molécule.

Cet acide β-campholénique a des propriétés très voisines de celles de son homologue inférieur, l'acide β-campholytique.

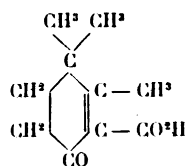
L'oxydation par le permanganate va nous donner les réactions suivantes :



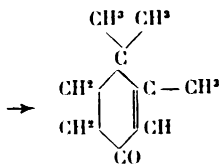
le produit intermédiaire ainsi obtenu, étant un acide δ-cétonique, se comporte comme dans le cas de l'acide β-campholytique et ferme immédiatement sa chaîne en liqueur alcaline :

[1] KNOEVENAGEL et HAGEMANN : *Ber.*, t. XXVI, p. 876. — KOENIGS et HOERLIN : *Ber.*, t. XXVI, p. 814. — G. BLANC *Bull. Soc. Chim.*, (3), t. XXI, p. 830.

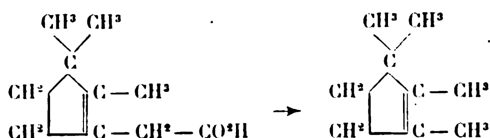
[2] G. BLANC : *Loc. cit.*



mais, aussitôt qu'on acidule la solution, l'acide β-cétonique instable perd CO^2 en fournissant une cétone, l'*isophorone* [1] :

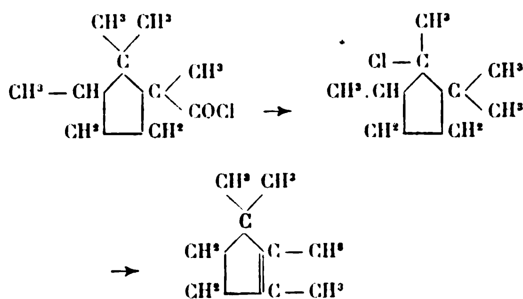


Le même acide β-campholénique, distillé avec une trace de sodium, fournit un carbure, le campholène :



Ce campholène est identique avec celui qui provient de la décomposition du chlorure de campholyle [2].

Cette formation, dans ce dernier cas, est aisément expliquée en invoquant la transposition pinacolique. En effet :



En résumé, en partant de l'acide camphorique d'une part, du camphre de l'autre, on arrive à deux têtes de série, l'acide α-campholytique et l'acide α-campholénique.

La réaction pinacolique transforme ces acides ou leurs dérivés en des isomères dans lesquels la chaîne CO^2H, CH^2CO^2H, CH^3, etc., a *semblé* migrer de la position (A) vers la position (B). C'est la série β.

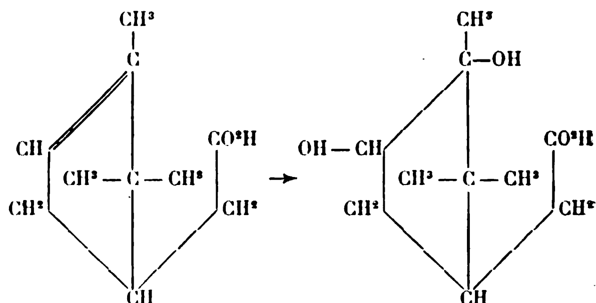


[1] Tiemann : *Ber.*, t. XXIX, p. 3006 et t. XXX, p. 409.
[2] Guerbet : *Thèse*, Paris, 1896.

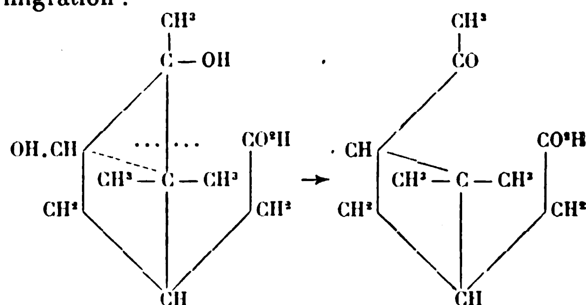
III

L'étude de l'acide α-campholénique lui-même va nous montrer plusieurs migrations dont le mécanisme nous est, pour le moment, inconnu.

L'oxydation, par le permanganate, conduit régulièrement à l'acide dioxydihydro-α-campholénique [1] :

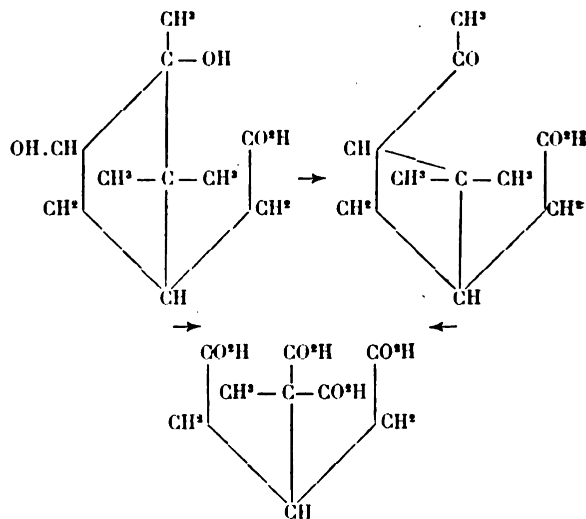


Ce dernier, soumis à la distillation, se conduit d'une manière tout à fait anormale et subit la migration :



On obtient ainsi l'*acide pinonique*, identique (au pouvoir rotatoire près) à celui qui provient de l'oxydation du pinène [1].

Chose extraordinaire, cette migration est réversible. Quand on oxyde, par des moyens convenables, l'acide pinonique, on le transforme en acide *isocamphoronique*, produit principal de l'oxydation directe de l'acide dioxydihydro-α-campholénique :



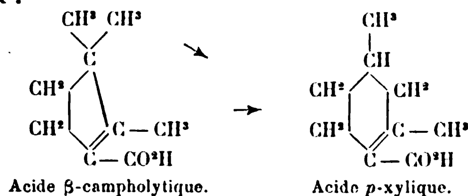
[1] F. Tiemann : *Loc. cit.*

Nous arrivons maintenant à un groupe de transpositions qui consistent essentiellement en la transformation d'une chaîne pentagonale en chaîne hexagonale par absorption d'un groupe CH^2 dans la chaîne primitive.

Telles sont les transformations bien connues de l'acide β-campholytique en acide *p*-xylique, de l'acide β-campholénique en acide *p*-xylylacétique, de l'isolaurolène en *m*-xylène, du campholène en pseudo-cumène, etc...

En général, ces réactions se produisent en présence d'agents acides (acide sulfurique, mélange sulfo-nitrique, chlorure d'aluminium, etc...)

Leur mécanisme, qui est très simple, est le suivant :



Acide β-campholytique. Acide *p*-xylique.

Les autres cas s'expliquent d'une façon analogue.

IV

Il y a encore d'autres réactions bien curieuses du camphre, mais celles que nous venons de passer en revue sont les plus intéressantes. J'espère avoir réussi à montrer combien parfois, à la suite d'expériences laborieuses et conduites avec le désir sincère d'arriver à la vérité en se servant des méthodes les mieux connues, il était difficile, sinon tout à fait impossible, de tirer une conclusion qui fut la vraie.

La question du camphre a été une des plus laborieuses, une de celles qui ont fait le plus travailler, sur laquelle on a très souvent, hélas, discuté sans profit.

Quand je dis sans profit, je me trompe, car, si la question du camphre en elle-même n'a pas avancé, le domaine de la Chimie organique s'est largement enrichi. Enrichi de faits, enrichi surtout de méthodes nouvelles qui s'étendent à presque toutes les fonctions.

Avant cette étude, un grand nombre de réactions nous étaient inconnues, qui, à présent, nous sont familières. Nous pouvons donc dire hardiment : le travail colossal auquel on s'est livré pour pénétrer le mystère de la constitution du camphre a été un grand bienfait pour la Science[1].

G. Blanc,
Docteur ès sciences.

[1] Conférence faite au laboratoire de Chimie organique de M. Haller, à la Sorbonne.

PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE MAROCAINES[1]

La médecine marocaine se base sur les enseignements d'Hippocrate, d'Aristote, de Galien, et sur ceux de nombreux savants qui illustrèrent l'époque de la splendeur arabe. Avicenne, Aboulcasis, Avenzoar, Averrhoès et d'autres firent faire des progrès considérables à la Botanique, à la Chimie et à la Médecine empirique. La Nosologie aussi leur doit des découvertes notables. Quant à l'Anatomie et à la Physiologie, les préjugés religieux et populaires musulmans s'opposant aux recherches sur le cadavre, ils se bornèrent à les étudier dans les ouvrages des Anciens et les laissèrent à peu près dans l'état où ils les avaient trouvées. Il en fut de même de la Chirurgie. Quelques médecins célèbres, il est vrai, Avenzoar et Aboulcasis notamment, la pratiquèrent avec ardeur; mais ils eurent peu d'imitateurs : les opérations chirurgicales alors connues furent abandonnées aux barbiers et à des praticiens sans science.

A Fez, comme à Cordoue, à Alexandrie, à Bagdad, l'étude des sciences médicales eut sa période d'activité florissante. Mais, dès le XIIIe siècle, devenue purement dogmatique, elle ne tarda pas à languir et à décliner pour aboutir enfin à son état actuel : au marasme absolu.

La Médecine ne figure plus, aujourd'hui, parmi les matières enseignées à l'Université de Fez; et les rares lettrés qui en possèdent encore de vagues notions les ont puisées dans de vieux manuscrits, qu'ils ont été incapables de digérer. Les opérations chirurgicales se réduisent à la cautérisation au fer rouge, la scarification, l'application de sétons, la circoncision, l'extraction des dents, la réduction des fractures, l'abaissement de la cataracte et, peut-être, la taille. Encore ces deux dernières opérations — de la taille nous ne sommes même pas sûr — ne sont-elles plus pratiquées que

[1] Voyez, sur le Maroc, les articles de MM. J. Machat, A. Bernard, E. Doutté et F. Weisgerber, dans la *Revue* des 15 et 30 janvier, 15 et 28 février, 15 et 30 mars, 15 et 28 avril et 15 mai.

par quelques rares spécialistes, qui se lèguent de père en fils le secret de leur art.

Tous les autres médecins marocains ne sont que des charlatans, dont la science se réduit à la connaissance de quelques drogues ; nous donnons, plus loin, une liste de quelques-unes des plus employées.

Les maladies, quand elles ne sont pas le fait de génies malfaisants, sont l'effet d'un excès ou d'un défaut de chaleur du sang. Les médicaments et les aliments sont, eux aussi, « chauds » ou « froids »; et tout l'art consiste à combattre les maladies « chaudes » par des médicaments « froids », et *vice versa*. Quant aux affections imputées aux génies, qui s'introduisent dans le corps des hommes et des animaux ou se contentent de les frapper, elles ne peuvent être combattues que par des conjurations, fumigations, récitations de passages du Koran et autres pratiques de ce genre. Or le tabib marocain est très versé en ces matières; et, s'il jouit d'une certaine réputation dans tout le nord de l'Afrique, c'est surtout en sa qualité de sorcier. Il connait les moyens à employer pour chasser les mauvais esprits et pour détruire l'effet de leurs maléfices, pour rendre la vigueur de la jeunesse aux vieillards, pour guérir la stérilité des femmes; il sait faire des charmes qui mettent gens et bêtes à l'abri des accidents et des maladies, d'autres qui les en guérissent. Ces talents sont la source du plus clair de ses revenus. Il va de ville en ville, de marché en marché, où il s'établit sous une petite tente surmontée d'un chiffon en guise d'enseigne, vendant, pour quelques onces, sa science et ses amulettes.

Cependant, malgré le niveau extrêmement bas auquel la Médecine est tombée au Maroc, le traitement appliqué à certaines maladies est encore assez rationnel. Le plus souvent, il est vrai, il est accompagné ou même remplacé par toutes sortes de pratiques superstitieuses : on écrit des passages du Koran dans le fond d'un bol, puis on y verse de l'eau que l'on fait boire au malade ; on couvre un papier de signes cabalistiques et on l'applique *loco dolenti* ; on grille un caméléon dont on fait aspirer la fumée au patient, etc.

Plusieurs auteurs, notamment Jackson, Rohlfs, Leared et Quedenfeldt, se sont occupés de la Médecine marocaine. Dans les notes qui suivent, nous avons réuni nos observations à des données empruntées aux écrits de ces auteurs.

I. — Maladies infectieuses générales aigues.

La malaria (el-hemma) est moins répandue au Maroc qu'on pourrait le supposer : moins fréquente qu'en Algérie, elle n'est vraiment endémique que dans les plaines marécageuses qui bordent le cours inférieur du Sebou et du Lekkous, dans les villes situées à l'embouchure de grands cours d'eau, Rabat et Larache, et peut-être à Safi, localité que les hauteurs environnantes empêchent d'être balayée par les vents alizés, et dont le climat, très chaud en été, passe pour être insalubre. Ailleurs, on ne trouve que des foyers relativement insignifiants, de petites épidémies et des cas sporadiques généralement peu graves.

Elle se manifeste par des fièvres intermittentes (le type tierce semble être le plus commun), rémittentes, continues, larvées et typho-palustres. Les formes pernicieuses sont rares. L'impaludisme chronique, l'anémie et la cachexie palustre se rencontrent assez fréquemment dans les régions citées plus haut et souvent chez des individus qui prétendent n'avoir jamais eu de fièvres.

Le traitement indigène consiste dans l'administration de purgatifs et l'application du fer rouge sur les organes (foie et rate) tuméfiés. L'ascite est combattue par les mêmes moyens. On commence à connaitre la quinine, mais sans savoir encore s'en servir convenablement.

La fièvre typhoïde (m'kilfa) semble également particulièrement fréquente dans les localités mentionnées plus haut. Elle est, d'ailleurs, plus ou moins endémique dans toutes les villes du Maroc, sans cependant y faire, généralement, de grands ravages. Elle revêt les formes connues en Europe et celle d'infection typho-palustre. On la combat par de fortes doses d'huile d'olive et de jus de citron.

La seule grande épidémie de fièvre typhoïde que nous ayons vue au Maroc, de 1897 à 1901, fut celle qui éclata à Marrakech en avril 1898, en même temps qu'une épidémie très meurtrière de typhus exanthématique qui sévit pendant trois à quatre mois et fit de nombreuses victimes. Nous étant trouvé parmi les premiers atteints, il nous fut impossible de suivre l'évolution de ces épidémies.

Le typhus, d'ailleurs, n'est pas endémique au Maroc, et nous ne croyons pas qu'il y ait jamais été signalé. Il éclata quelque temps, un mois au moins, avant le retour des pèlerins de la Mecque, mais à une époque où toutes les conditions considérées par les partisans du développement spontané comme pouvant amener son éclosion : encombrement, saleté, misère, accumulation de déchets organiques en décomposition, se trouvaient réunies à Marrakech.

L'année 1897 avait été mauvaise dans certaines parties du Maroc, et un grand nombre de miséreux, poussés par la faim, avaient envahi la ville pour s'y livrer à la mendicité. Beaucoup d'entre eux mouraient d'inanition. A la fin de mars, la population flot-

tante de Marrakech fut encore considérablement augmentée par le retour d'une colonne expéditionnaire après une campagne de sept mois. Les soldats avaient été fort éprouvés par la faim, le froid, les pluies, le manque de vêtements, les veilles, les marches, et se trouvaient par conséquent dans les meilleures conditions de réceptivité. Les prisons, encombrées en temps ordinaire, durent encore recevoir les prisonniers faits au cours de la campagne. La mortalité parmi ceux-ci fut effrayante. — Survint l'aïd el-kebir, la fête des sacrifices, et le sang et les entrailles des bêtes égorgées transformèrent les rues en charniers.

A la coïncidence accidentelle de toutes ces circonstances, il faut ajouter les mauvaises conditions hygiéniques permanentes de Marrakech et des villes du Maroc en général. Les eaux qui les alimentent sont presque partout exposées à être souillées et contaminées. Les rues sont généralement étroites et tortueuses, souvent voûtées ou couvertes d'un treillage de roseaux qui s'oppose à la pénétration du soleil et à la circulation de l'air. Les égouts faisant défaut ou étant en mauvais état, on pratique couramment le système du « tout à la rue »; et la voirie, là ou elle existe, se borne à déplacer les ordures et à les déposer sur des terrains vagues dans l'intérieur ou aux portes des villes, où leur amoncellement finit par former des chaînes de collines. Souvent les rues présentent l'aspect de véritables cloaques, où des cadavres d'animaux pourrissent sur des amas de détritus et d'immondices ou dans des flaques d'une fange noire et nauséabonde. Dans certaines ruelles du mellah de Marrakech, les ordures se sont accumulées au point de masquer les portes des maisons.

Etant donné cet état de choses, on ne peut que s'étonner de la rareté relative des grandes épidémies. La peste et le choléra trouveraient certainement dans les villes marocaines un terrain des mieux préparés pour leur propagation. Aussi les représentants des Puissances étrangères à Tanger ont-ils pris des mesures pour en empêcher l'introduction. Dans les ports, des délégués sanitaires européens n'admettent à la pratique que des navires pourvus de patentes nettes; des travaux d'assainissement ont été entrepris à Tanger, et un lazaret dirigé par des médecins européens a été installé dans l'île de Mogador, où les pèlerins revenant de la Mecque sont mis en quarantaine.

La seule épidémie de peste au Maroc dont nous ayons connaissance est celle de 1799. Jackson dit qu'elle fit à Fez seule 65.000 victimes. — Le choléra sévit en 1860, 1868 et 1878. Au cours de la dernière épidémie, il mourut jusqu'à 500 personnes par jour à Marrakech et jusqu'à 115 à Casablanca. La médecine indigène est impuissante en face de ces fléaux. Celui qu'ils atteignent est considéré comme m'droub, frappé par quelque puissance occulte à laquelle on ne saurait échapper.

La méningite cérébro-spinale épidémique est rare. Il en est de même des fièvres éruptives (varicelle, rougeole et scarlatine), à l'exception de la variole (jedri). Celle-ci est établie dans le pays en permanence, et de temps à autre, çà ou là, on observe une recrudescence. On rencontre beaucoup d'indigènes grêlés ou devenus aveugles à la suite de la variole. Il existerait, paraît-il, une inoculation grossière, pratiquée entre les doigts, chez certaines tribus de l'intérieur; et nous avons vu une esclave Bambara qui portait au bras une cicatrice caractéristique — provenant, dit-elle — d'une piqûre que lui avait faite un guérisseur de son pays pendant une épidémie qui faisait mourir beaucoup de monde. Mais tous les indigènes avec lesquels nous avons été en contact, à l'exception des Israélites de la côte, ne se laissent pas vacciner volontiers.

La fièvre jaune est inconnue; la diphtérie est rare; les oreillons et l'érysipèle le sont moins; la grippe et le rhumatisme articulaire aigu sont assez communs.

La rage (jahla) semble avoir été rare autrefois. Plusieurs auteurs, dont Jackson qui a passé de longues années au Maroc, nient son existence. Cependant, on voit fréquemment des chiens enragés aujourd'hui; et nous avons observé un cas de rage chez un jeune indigène qui mourut des suites d'une morsure après six semaines d'incubation.

II. — Maladies chroniques infectieuses et constitutionnelles.

La syphilis est une des maladies les plus répandues au Maroc. Mais la gravité du mal n'est pas en rapport avec son étendue : les manifestations tertiaires et surtout viscérales sont relativement rares, et souvent la maladie semble s'en tenir aux accidents de la première période. Cependant, chez les Européens qui la contractent au Maroc, le virus produit les mêmes effets que dans nos climats. Faut-il attribuer l'immunité relative des indigènes à leur constitution plus résistante, à leur abstinence de boissons fermentées, à la transmission héréditaire d'une réceptivité atténuée? L'avortement et les symptômes de la syphilis héréditaire chez les nouveau-nés sont aussi plus rares qu'on ne le supposerait.

Les indigènes accusent les Juifs expulsés d'Espagne d'avoir importé la maladie. Ils se rendent compte, vaguement, de sa nature contagieuse et du fait que l'ulcère primitif (hebba, n'fta), les syphilides de la période secondaire (en-noûar) et les accidents consécutifs (el-âkaïb) sont des manifestations d'une

entité morbide unique : de la grande maladie (merd el-kebir).

Le traitement est local et général. Les ulcères primitifs et les syphilides ulcérées sont saupoudrés de henné ou cautérisés au moyen de la chaux vive, du sulfate de cuivre ou de fer. Le traitement interne le plus généralement employé est celui de la salsepareille. Il consiste à boire, chaque jour, la décoction d'une once de racines, pendant trois à six semaines avec un jour d'interruption sur sept. Cette cure, jointe à une diète très sévère, au repos absolu et à des bains chauds fréquents, affaiblit considérablement le patient, mais le débarrasse généralement, au moins momentanément, des manifestations extérieures de son mal. Dans les villes de la côte, l'iodure de potassium et l'onguent gris font aujourd'hui une concurrence sérieuse à ce traitement. Le mercure était déjà employé autrefois, paraît-il, sous forme d'huile mercurielle et en substance : on en faisait chauffer dans un poêlon, et le patient en aspirait les vapeurs. Beaucoup de malades se rendent aux eaux de Mouley Yâkoub (fig. 1), eaux chaudes sulfureuses très chargées de chlorure de sodium, dont nous avons eu l'occasion de constater l'efficacité.

La lèpre (ej-jdem) est endémique au Maroc; mais elle ne se trouve plus guère qu'au sud du Morbêa, où, malgré un système d'isolement très imparfait, elle tend d'ailleurs à disparaître. On rencontre fréquemment des individus, des nègres surtout, dont la peau est parsemée de taches décolorées qui doivent le plus souvent se rattacher à la maladie; mais les lépreux avérés seuls sont obligés de vivre dans des hameaux isolés. Il existe une de ces léproseries, el-hara, aux portes mêmes de la ville de Marrakech. Les lépreux y ont leurs maisons, leurs jardins, leur mosquée, leur mellah et se marient entre eux. Le jeudi, jour de marché, il leur est permis d'entrer dans la capitale pour y faire leurs achats. On les reconnaît à leur figure voilée et à un grand chapeau de feuilles de doum dont ils se couvrent la tête. Le traitement indigène de la maladie est purement local et se confond avec celui des ulcères.

La scrofule et le rachitisme sont assez répandus parmi les enfants de la classe pauvre des villes. Ils sont le résultat de la mauvaise hygiène de l'habitation et de l'alimentation et de la syphilis des parents. Les épidémies intercurrentes opèrent une sélection et préservent ainsi la race de la dégénérescence.

Les affections rhumatismales sont fréquentes, surtout dans la zone côtière, où leur développement est favorisé par l'humidité. Les Bédouins qui couchent sur le sol froid et trempé, souvent sans autre literie qu'une natte mince et plus ou moins sèche, fournissent le plus grand contingent de rhumatisants. Traitement : bains de vapeur, émissions sanguines, pointes de feu.

La goutte, le diabète et l'obésité forment un groupe diathésique qui est l'apanage presque exclusif des Maures et des Israélites riches menant une vie opulente et sédentaire. La goutte (belgham) est confondue avec le rhumatisme et traitée de même. Le diabète semble ne pas être reconnu comme une maladie spéciale; son traitement est purement symptomatique. Quant à l'obésité, chez la femme surtout, elle est plutôt considérée comme un état désirable.

III. — Maladies des divers organes.

Parmi les maladies de l'appareil digestif, mentionnons la dilatation de l'estomac et la dyspepsie, qui, jointes à la constipation chronique, aux hémorrhoïdes et quelquefois à la lithiase biliaire ou urinaire, se rencontrent assez fréquemment dans la classe des gros mangeurs dont nous venons de parler. La constipation est, en général, très répandue et s'explique, peut-être, par l'abus du thé vert; elle est surtout fréquente à l'époque de la maturité des figues de Barbarie (fruits de l'*Opuntia vulgaris*), qui semblent agir mécaniquement par leurs graines. Les purgatifs les plus usités sont le séné, le soufre, le ricin, l'aloès et le sel de Glauber.

L'entérite et la dysenterie, aiguës et chroniques, sont endémiques et assez communes en été. Les Européens fraîchement débarqués contractent souvent l'une ou l'autre de ces maladies, que les indigènes confondent sous le nom de sahma et dont ils combattent le symptôme principal, la diarrhée, par de fortes doses d'huile d'olive ou de mucilage de gomme de Barbarie, par une décoction de bois de câprier épineux, la semence de fenugrec en poudre ou l'opium.

Contre les vers intestinaux nématoïdes (*Ascaris lumbricoïdes* et *Oxyuris vermicularis*), les indigènes prennent une décoction de thym, de romarin, d'armoise ou de la racine du *Retama monosperma;* contre les vers cestoïdes (le *Tænia mediocanellata* principalement), du *kif* (sommités *du Cannabis sativa*) réduit en poudre suivi d'un purgatif.

Les hernies restent le plus souvent sans traitement. Cependant, dans les grandes villes, les boutiquiers vendent quelquefois des bandages herniaires, et l'on en trouve parfois de grossières imitations fabriquées par des artisans indigènes.

Les maladies du foie, congestion, cirrhose, dégénérescence, etc., se rattachent le plus souvent à la syphilis ou à l'impaludisme, quelquefois à l'alcoolisme chez les Juifs. Les Marocains n'en

connaissent qu'un symptôme, la jaunisse (bousfar), qu'ils prétendent faire disparaître en mangeant des radis ou en buvant de la tisane de feuilles de cumin.

Les maladies de l'appareil uropoïétique sont fréquentes. Les affections aiguës et chroniques des reins ont généralement pour point de départ la goutte, la syphilis, le refroidissement ou l'abus de substances irritantes, comme la cantharide, qui détermine quelquefois des hématuries. Celles-ci ont aussi souvent pour cause la lithiase rénale. Les calculs vésicaux sont assez communs, et il y aurait au Maroc, parait-il, des chirurgiens connaissant et pratiquant la taille; mais nous n'avons pas eu l'occasion de nous en assurer *de visu*.

La blennorragie (el-berd) est extrêmement répandue, de même que tout son cortège de lésions consécutives : orchites, cystites, rétrécissements, hydrocèles, etc. Elle est le plus souvent attribuée au refroidissement, et son traitement consiste à boire une infusion de graines de melon ou d'écorce de coloquinthe.

Les femmes sont assistées dans leurs maladies et dans la parturition par une matrone (*gabla*). Les accouchements sont en général très faciles, et, le lendemain, surtout dans la population des campagnes, la femme reprend le plus souvent son train de vie ordinaire. On ne connaît guère que l'allaitement maternel. Les tumeurs de l'utérus et de ses annexes ne sont pas reconnues comme telles, mais sont considérées comme des fœtus endormis (raged) dans le sein de la mère et qui ne demandent qu'à être réveillés.



Fig. 1. — *Sources sulfureuses et chlorurées sodiques de Mouley Yakoub.*

Dans les maladies de l'appareil respiratoire, notons la fréquence relative du coryza, de la bronchite *a frigore*, de la broncho-pneumonie chez les enfants; la rareté de la pleurésie, de la pneumonie lobaire et de la tuberculose pulmonaire.

Les maladies de l'appareil circulatoire sont peu communes. Celles du cœur se réclament le plus souvent du rhumatisme. Des palpitations nerveuses sont quelquefois occasionnées par l'abus du thé. Les artérites sont généralement rhumatismales, malariques ou syphilitiques. Les anévrismes

semblent rares. Toutes ces maladies ne sont, d'ailleurs, ni reconnues ni traitées.

Les maladies du système nerveux sont rares grâce à l'absence de deux facteurs étiologiques importants : l'alcoolisme et le surmenage. — Les paralysies et les troubles trophiques restent sans traitement ; les névralgies sont combattues par des émissions sanguines et des pointes de feu ; les malades atteints de névroses, telles que l'épilepsie, la chorée, l'hystérie, etc., sont considérés comme possédés (*mejnoûn*) et livrés aux pratiques des exorcistes. Quant aux aliénés (bahloûl ou mejdoûb), tant qu'ils ne sont pas précisément dangereux, ils sont vénérés presque à l'égal des saints par leurs concitoyens, qui les entretiennent et se soumettent à leurs caprices et même à leurs insultes. Mais les fous furieux ne jouissent pas de la même considération. Dans les grandes villes, à Fez notamment, on les enchaîne dans les cabanons immondes d'une espèce de prison appelée *El-morstân*, où ils croupissent dans leurs déjections, grossièrement nourris et roués de coups comme nos aliénés du Moyen Age. C'est parmi les phénomènes de l'hypnose qu'il faut ranger l'état d'insensibilité, déterminé par des danses et des contorsions au son d'une musique endiablée, qui permet aux Aïssaoua et aux Hamadcha de se livrer à leurs tours souvent décrits.

Parmi les maladies cutanées, notons surtout la teigne, la pelade, l'impétigo, l'acné, les eczémas. Le rasoir et les habitudes malpropres des classes pauvres les propagent et les entretiennent. Le lupus et l'éléphantiasis sont rares. Par contre, les parasites de la peau sont extrêmement communs, notamment le *Pediculis capitis* et *vestimentorum* ; le *Pediculis pubis* est moins fréquent. La gale est aussi très répandue. Son traitement consiste en frictions avec un onguent composé d'huile ou de beurre et de soufre, ou bien encore de savon noir et de sable. Dans les autres maladies de la peau, on se sert du goudron végétal ou du henné.

Les maladies des yeux, surtout les blépharites, conjonctivites catarrhales, blennorragiques, granuleuses ; les kératites, ulcères, taies, perforations de la cornée ; l'iritis, la cataracte sont très communs. Les borgnes et les aveugles sont innombrables. Les principaux agents étiologiques et pathogéniques sont la variole, la syphilis, la scrofule, la poussière, la malpropreté, la promiscuité. Les émissions sanguines, le poivre pilé, le jus de citron, l'alun, le sulfate de cuivre sont quelquefois employés dans la thérapeutique oculaire. Le koheul (sulfure d'antimoine), cosmétique dont les femmes marocaines se noircissent le bord des paupières, est aussi considéré et appliqué comme préventif. Il existe encore dans l'Atlas des opérateurs de la cataracte. Le procédé qu'ils emploient est celui de la dislocation de la lentille au moyen d'une aiguille plate introduite au bord de la cornée. L'instrument n'étant pas aseptisé et les soins consécutifs étant inconnus, les insuccès et les accidents graves doivent être la règle. Il y aurait aussi, au delà de l'Atlas, des spécialistes traitant les maladies des yeux par l'application de la langue : ce sont probablement des corps étrangers — des grains de sable déposés dans l'œil par les vents du désert — qui sont enlevés par ce moyen.

IV. — Chirurgie générale.

Les fluxions, les inflammations, les abcès, les œdèmes sont combattus par les fomentations, la cautérisation au fer rouge, le séton, les sangsues, les scarifications. Sur la peau scarifiée on applique quelquefois des ventouses, plus souvent une corne de bœuf percée à la pointe par laquelle on aspire le sang. La ponction et l'incision sont inconnues.

Les ulcères et les tissus gangréneux sont enduits de beurre frais que l'on a fait bouillir avec des herbes aromatiques : thym, romarin, armoise, etc., saupoudrés de henné ou cautérisés au moyen de la chaux vive ou au fer rouge.

L'ablation des tumeurs est inconnue. Les néoplasmes malins semblent d'ailleurs assez rares.

Le traitement des fractures est parfaitement rationnel. Après les avoir réduites, on les contient au moyen d'une bande de cuir dans laquelle on a cousu de nombreuses petites atelles et que l'on serre sur une garniture de laine cardée. — Les luxations restent le plus souvent irréduites.

Les plaies, qu'elles soient produites par des instruments tranchants, piquants ou contondants, sont saupoudrées de henné ou de sucre pilé, puis on y empile des toiles d'araignée et des chiffons souillés, non sans les avoir d'abord fouillées avec les doigts ou des instruments sales pour essayer d'en extraire le projectile quand elles sont dues à un coup de feu. Et malgré tout, quand elles ne sont pas mortelles, les blessures guérissent généralement avec une rapidité étonnante.

La suture, la ligature, la torsion, la compression des artères sont inconnues. Dans les amputations judiciaires, fréquentes autrefois, on obtenait l'hémostase au moyen de l'huile ou du goudron bouillant. On ne fait pas d'amputations chirurgicales.

Restent les plaies envenimées. La plus commune est la piqûre du scorpion. Le traitement consiste à inciser, souvent après avoir placé une ligature au-dessus du point piqué, et à laisser saigner. Certains indigènes commencent par s'emparer de la bête, qu'ils appliquent sur l'incision après l'avoir écrasée. On se sert aussi, quelquefois, d'huile dans laquelle on a fait macérer des scorpions.

La piqûre du bou-ceha est plus rare, mais plus dangereuse. Le patient est enterré, la tête exceptée, et un grand feu est allumé au-dessus de son corps; s'il n'est ni asphyxié ni carbonisé, il se met à transpirer abondamment et guérit quelquefois.

Les Aïssaoua se prétendent insensibles au venin des serpents. Possèdent-ils un antidote? Nous leur avons vu manipuler des serpents venimeux qui, certainement, n'étaient pas privés de leurs crochets et parfaitement capables, comme un de nos amis en fit l'expérience, de tuer une poule. On dit que les Aïssaoua leur font mordre des oignons avant les représentations.

V. — Matière médicale.

§ 1. — Substances végétales.

Achba (salsepareille); décoction des racines; dépuratif, antisyphilitique.

Afioûn (opium); employé comme antidiarrhéique.

Aloès; employé en substance comme purgatif.

Arar (*Callitris quadrivalvis*); produit la résine sandaraque; infusion des bourgeons prise comme fébrifuge.

Beslat-ed-dib (*Scilla maritima*); aphrodisiaque.

Brouak (asphodèle); fruits servant en oculistique.

Chiba (*Artemisia absinth?*); se prend en infusion avec le thé vert.

Chih (*Artemisia alba?*); se prend en infusion comme vermifuge.

Dro (*Pistacia lentiscus*); l'écorce sert en fumigations.

Fasokh (gomme ammoniaque du *Ferula tingitana*); épilatoire, fumigations.

Forbioûn (résine d'*Euphorbia resinifera*).

Flio (*Mentha pulegium*); stomachique.

Gomme de Barbarie (de l'*Acacia gummifera*); se donne dans les entérites.

Habb r'châd (*Lepidium sativum*); les semences servent comme condiment et dans le traitement des ulcères.

Harmel (*Peganum harmala*); fumigations.

Hebika (*Parietaria officinalis*); diurétique, émollient.

Heja (*Citrullus colocynthis*); décoction de l'écorce contre la blennorragie.

Helba (*Trigonella fœnum-græcum*); anti-diarrhéique; se donne aussi pour engraisser.

Helhal (*Lavandula stoechas*); stomachique.

Henna (*Mawsonia inermis*); les feuilles pulvérisées sont très employées comme cosmétique et comme topique dans le traitement des ulcères.

Kalil (*Romarinus offic.*); stomachique, vermifuge.

Kamon (*Cuminum cyminum*); condiment.

Karouia (*Carum carvi*); condiment, stomachique, carminatif.

Kebbar (*Capparis spinosa*); décoction du bois contre les diarrhées.

Kerrouâ (*Ricinus com.*).

Khobiza (*Malva parviflora*); émollient, mucilagineux.

Kif (*Cannabis sativa*); inébriant, stupéfiant; des sommités séchées on fait aussi un électuaire, le madjoûn, avec du beurre, du miel, de la noix de muscade, des cantharides, etc.; tænifuge.

Kitran (goudron de genévriers); maladies de la peau; excellent antiseptique.

Nâna (*Mentha viridis?*); stomachique, se prend en infusion avec le thé.

Rihân (*Myrtus communis*); infusion des feuilles contre les coliques.

Rtem (*Retama monosperma*); décoction des racines comme vermifuge.

Sâfran (*Crocus sativus*); condiment réputé aphrodisiaque.

Senna (séné); purgatif.

Soûak (écorce de *Juglans regia*); se mâche pour préserver les dents et teindre les lèvres.

Zaâter (*Thymus vulgaris?*); vermifuge, employé aussi dans le traitement des ulcères.

§ 2. — Substances animales.

Ambre gris (amber et horr) : importé ou trouvé quelquefois dans les intestins de cachalots qui viennent s'échouer sur la côte de Maroc; stimulant aphrodisiaque, très recherché des indigènes riches qui en parfument leur thé.

Bézoard : concrétion pierreuse que l'on trouve dans l'intestin de certaines antilopes; considéré comme une panacée universelle.

Caméléon (boûa) : on lui attribue toutes sortes de vertus curatives.

Cantharide (debben el-hind) : aphrodisiaque; entre surtout dans la préparation du madjoûn.

§ 3. — Substances minérales.

Alun : traitement des ulcères et des yeux.

Arsenic : sous forme d'orpiment; épilatoire.

Chaux vive : on en cautérise les ulcères.

Emétique : vomitif.

Iodure de potassium : antisyphilitique.

Mercure : résolutif, antisyphilitique.

Soufre : parasiticide contre la gale; purgatif.

Sublimé corrosif : employé comme cosmétique par les Juives.

Sulfate de cuivre : on s'en sert pour le traitement des ulcères et des conjonctivites.

Sulfate de fer : *idem*.

Sulfate de soude : purgatif.

Sulfure d'antimoine (Koheul) : cosmétique.

Dr F. Weisgerber.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Journée, *Lieutenant-colonel du 69e régiment d'infanterie.* — **Tir des Fusils de chasse.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 387 *pages avec* 147 *figures.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1903.

Sans avoir été autant étudié que le tir des fusils de guerre, le tir des fusils de chasse a néanmoins conduit à de nombreux et intéressants résultats, que le colonel Journée expose avec une connaissance approfondie du sujet, puisée aux sources d'expériences personnelles poursuivies pendant de longues années, en même temps que dans l'étude des recherches similaires, dues aux officiers et aux armuriers français ou aux armuriers anglais. L'ouvrage que nous avons sous les yeux est, en effet, une synthèse, conçue à un point de vue didactique, des très intéressants Mémoires que l'auteur a publiés sur la question dans le *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, et des nombreux articles du *Field*, où les constructeurs et les tireurs anglais consignent leurs observations.

Le propre du tir de chasse est, sans doute, d'emprunter, plus que tout autre tir, aux lois du hasard ce qu'elles peuvent donner, c'est-à-dire une dispersion absolument quelconque des projectiles. Cependant, le hasard lui-même peut être guidé, enfermé dans certaines limites qu'il ne franchira pas, et à l'intérieur desquelles seulement il lui est loisible de régner en maître. Dans le tir du fusil de chasse, les moyens de limiter le hasard au domaine auquel il est pratique de le restreindre consistent dans une judicieuse combinaison de tous les éléments, à la fois de l'arme et de la munition : Forme et calibre du canon, forme des cartouches et genre de poudre, qualité de la bourre, grosseur, dureté, masse du plomb, sa répartition à l'avant de la charge, tous éléments dont l'action se fait sentir sur le résultat, c'est-à-dire sur la portée du coup et sur sa plus ou moins grande dispersion.

Ce sont donc ces divers éléments que le colonel Journée soumet à une étude de détail qui, pour minutieuse qu'elle est, n'en paraît point fastidieuse, tant, guidé par lui, on comprend que rien de ce qu'il enseigne ne saurait être négligé, si l'on veut vraiment tirer d'une arme de chasse tout ce qu'elle peut donner, avec le minimum de danger, pour le tireur — éclatements de l'arme — ou pour ses compagnons de chasse — grains perdus, — aussi bien qu'avec le maximum de danger pour le gibier.

Le premier chapitre est consacré à des renseignements généraux sur les armes et les munitions; et, malheureusement, dès la première page, on peut mesurer toute l'étendue de la fantaisie qui règne encore dans la désignation des calibres, alors que, dans la plupart des constructions, on tend vers les pièces interchangeables et l'unification. Les calibres des fusils, contrairement à l'usage qui prévaut de plus en plus, au lieu d'être indiqués en millimètres sont désignés par des numéros, nécessitant une initiation pour être compris; encore, si un numéro donné indiquait un seul diamètre de canon, on s'entendrait peut-être sans trop de peine; mais il n'en est rien; chaque numéro désigne une certaine région, de 1 millimètre d'étendue environ, tangente à la précédente et à la suivante; et, comme les numéros ne se suivent pas par unité, on trouvera qu'un petit calibre 16 est sensiblement équivalent à un grand calibre 20, etc. Une aussi agréable diversité règne dans la désignation des grains, d'ailleurs numérotés à rebours comme les canons, c'est-à-dire par des chiffres décroissants à mesure qu'augmente le diamètre du grain; et il n'est pas besoin de faire beaucoup de chemin pour qu'un numérotage des grains dont on a gardé le souvenir conduise aux plus grosses bévues. Le plomb n° 10 comprend, à Marseille, 115 grains au décagramme; il en fournit 181 à Lyon, 353 à Paris, 500 à Bruxelles (serait-ce une fonction de la latitude?) : aussi l'auteur abandonne-t-il franchement ces échelles contradictoires, pour se rallier à celle qu'ont adoptée les syndicats allemands, et dans laquelle les grains progressent par quarts de millimètre.

Ce premier chapitre est, sans aucun doute, le moins intéressant de l'ouvrage, puisqu'il est consacré presque en entier à initier le lecteur aux agréables fantaisies que je viens de résumer; mais il était nécessaire, et l'on saura gré à l'auteur de l'avoir écrit, ne fût-ce que pour montrer les ennuis que crée le défaut d'entente sur des questions qu'il serait si facile d'éclaircir.

Le deuxième chapitre traite des pressions; après une description sommaire, trop sommaire peut-être, de la méthode du crusher, et de celle du vélocimètre, nous trouvons une série de diagrammes et de tableaux très étendus concernant la valeur des pressions en fonction de la nature de la poudre, de la grandeur de la charge en poudre et plomb, ainsi que d'utiles indications sur l'influence du tassage, de l'humidité, etc. La partie la plus imprévue de ce chapitre est peut-être celle où il est question des détériorations dues à des charges défectueuses, et aux conditions dans lesquelles elles peuvent se produire. L'une des plus inattendues est bien celle dans laquelle une cartouche ayant été introduite dans l'arme, et ayant glissé en avant *parce qu'elle est d'un calibre trop faible*, le chasseur, sans s'en douter, recharge et tire, ce qui fait presque sûrement éclater le canon; on touche ici du doigt un inconvénient du défaut d'entente sur les calibres.

Au sujet de la désignation des pressions, l'auteur nous permettra une critique à laquelle peu d'écrivains échappent. Après avoir très correctement donné comme unité de pression le *kilogramme par centimètre carré*, il indique, plus tard, les valeurs des pressions, soit en *kilogrammes*, soit *par centimètre carré*, mais rarement dans l'unité complète adoptée. Or, on ne saurait trop répéter qu'une pression ne peut pas être évaluée en kilogrammes, et qu'indiquer une pression par centimètre carré n'a aucun sens; tout le monde en convient, mais, soit distraction, soit incorrecte interprétation des notations par les dessinateurs chargés de reproduire les diagrammes ou des compositeurs chargés des tableaux, l'un des deux éléments d'évaluation d'une pression abandonne régulièrement l'autre sans lequel il ne signifie plus rien.

Je passe sur les chapitres, cependant très intéressants, concernant le recul et la vitesse des projectiles, sujets bien connus par l'étude des armes de guerre, pour suivre l'auteur dans des pages plus spéciales au tir de chasse, celles qu'il consacre à la dispersion du plomb dans la gerbe. Là aussi, on n'est pas encore tombé d'accord sur les unités de mesure; et l'auteur, fidèle aux principes seuls rationnels que l'on enseigne dans les écoles de tir, adopte, pour mesure de la dispersion, soit la largeur de la bande horizontale ou verticale, soit le rayon du cercle contenant la moitié des touchés. Deux écueils sont à éviter dans la construction des armes ou des munitions de chasse : Une trop forte dispersion, telle qu'elle laisserait facilement passer entre les grains de petites pièces de gibier, ou la mise en grappe des plombs, qui, en plus de

l'inefficacité du tir sur le gibier, peut présenter un réel danger pour les chasseurs placés à une certaine distance du tireur, et pour lesquels le coup peut faire balle alors qu'à la même distance des grains isolés seraient tombés à terre, ou au moins n'auraient plus une vitesse dangereuse.

On a cherché, par divers procédés, à éviter ces inconvénients : le second par un choix judicieux de la qualité du plomb et de la bourre et par une bonne proportion entre la charge de poudre et la quantité de plomb, le premier soit en empêchant que les gaz de la poudre passent devant la bourre et éparpillent la grenaille, soit en rassemblant la charge au sortir du canon par l'étranglement pratiqué d'abord couramment en Angleterre, sous le nom de *Shoke*.

Ce dernier artifice, tout comme une bonne proportion entre la poudre et le plomb, diminue le diamètre de la gerbe, mais ne modifie pas la répartition du grain qui s'effectue toujours suivant la loi de Laplace, aux écarts probables près. Mais ce n'est pas à une telle répartition que correspond le problème de la chasse. La dispersion du grain est seulement destinée à corriger l'erreur possible de visée, augmentée des mouvements de l'animal; il est donc bien inutile d'avoir, au centre du coup, une forte densité de grains, si, en échange, la densité est si faible sur les bords du cercle dangereux qu'une pièce puisse facilement échapper, ou être simplement blessée par un grain isolé. L'idéal serait bien plutôt une répartition uniforme du plomb sur un cercle déterminé, telle, par exemple que, dans chaque décimètre carré, il se trouve au moins un grain; ainsi, le gibier n'échappera pas à la maille s'il est dans le rayon du cercle dangereux. *A priori* le problème, contraire aux lois du hasard, paraît difficilement résoluble; cependant, on y est parvenu d'une façon satisfaisante, après une série d'essais malheureux, par un artifice consistant à rayer le canon en hélice sur une petite longueur près de la chambre, ou, avec les fusils lisses, à l'aide d'une cartouche dite *épervier*, qui remplit le même office.

Jusqu'ici, la presque totalité des renseignements donnés dans l'ouvrage du colonel Journée eussent pu être puisés dans des expériences de laboratoire; très utiles aux armuriers, très intéressants pour le physicien ou le mécanicien, ils auraient sans doute été jugés d'une nature un peu trop technique pour la majorité des chasseurs. Mais, dans les derniers chapitres, l'auteur se révèle chasseur expérimenté, et entre dans le vif de la pratique, en considérant les deux éléments négligés jusqu'ici, l'homme qui tire et la bête que l'on veut abattre.

C'est sur ce terrain qu'il nous appartient le moins de le suivre ; mais c'est là peut-être que beaucoup de lecteurs passionnés de chasse trouveront les plus intéressantes conclusions pratiques, fondées non seulement sur l'expérience que tout homme peut acquérir, mais aussi sur la profonde connaissance de l'arme qui a permis à l'auteur de faire de la chasse non plus un sport, mais un art et une science même.

Ch.-Ed. Guillaume,
Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Beauvisage (Georges), *Agrégé d'Histoire naturelle, chargé du Cours de Botanique à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon.* — **La Méthode d'observation fondée sur l'Arithmétique et la Géométrie concrètes.** — 1 *vol. in*-8° *de* 141 *pages* (2e *édition*). (*Prix : 2 fr.*) *Félix Alcan, Paris*, 1902.

Ce petit livre contient des remarques précieuses, parfois contestables, mais suggestives au sujet de la pédagogie dans l'ordre des sciences. Il proteste avec raison contre la méthode absurde actuellement adoptée par nombre d'ouvrages didactiques qui, au lieu de procéder du connu à l'inconnu, du complexe au simple, édifient la Nature en suivant une méthode de composition.

2° Sciences physiques

The Scientific Writings of the late George Francis Fitzgerald, *collected and edited with a historical introduction by* **Joseph Larmor**. — 1 *vol. in*-8°, *de* 569 *pages.* — *Hodge Figgis and C°, à Dublin, Longmans, Green, and C°, à Londres;* 1902.

M. Larmor a recueilli en un volume les écrits de Fitzgerald, et aussi les divers articles qui ont paru dans la presse anglaise au moment de sa mort. Beaucoup de ces écrits ont été publiés originairement dans *Nature*, où Fitzgerald discutait constamment, d'une plume élégante et sans appareil mathématique, les questions de Physique les plus élevées. D'autres ont été publiés initialement aux *Proceedings of the Royal Society*, ou à la *British Association*, ou au *Philosophical Magazine*, et ceux-là sont aisés à consulter, car ces collections sont assez répandues. Mais là où M. Larmor a rendu un véritable service à la science, c'est en publiant dans ce volume un grand nombre de Mémoires extraits des *Proceedings of the Royal Dublin Society*, qui sont moins aisés à trouver. Ce ne sont, d'ailleurs, pas les moins importants. Fitzgerald était Irlandais, et professeur à l'Université de Dublin; il apportait constamment le produit de ses recherches à la Société scientifique de son Université.

Il est assez difficile de classer les œuvres de Fitzgerald pour en donner un aperçu. Il a, en effet, abordé toutes les questions de la Physique et tous les genres possibles. Il s'est livré aux recherches les plus abstraites de Physique mathématique et, à côté de cela, à la vulgarisation la plus claire, et souvent il a écrit dans les journaux scientifiques des articles relatifs à l'enseignement même des sciences. On voit donc que Fitzgerald a été un cerveau complet, auquel rien d'humain n'a été étranger, et cette impression, qui ressort déjà de la lecture de ses œuvres, ressort bien plus encore de la lecture même des éloges funèbres que ses amis lui ont consacrés et dans lesquels ceux-ci nous disent toute l'influence que Fitzgerald exerçait sur ceux qui l'approchaient par la sûreté de ses conseils et la solidité de son affection.

Il est impossible de parler ici des œuvres de critique de Fitzgerald; il faudrait faire un historique de la Physique depuis vingt-cinq ans, car il a touché à tout ce qui est moderne dans ses articles de *Nature;* et, dans les éloges qu'il a prononcés dans diverses circonstances sur Clausius, Helmholtz et Lord Kelvin, il a abordé, on peut le dire, tous les sujets fondamentaux.

Disons un mot, au contraire, de son œuvre propre. C'était le type de l'esprit Anglo-Saxon, tourné toujours vers les hypothèses les plus avancées, avide de se représenter mécaniquement la nature intime des phénomènes. Mais il ne se payait ni de mots, ni d'images, et nous lisons, dans son mémoire : « Foundation of Physical Theory; Functions of models », la phrase suivante : « It is usual to speak of chemical bonds; and many people think of light vibrations as simple to-and-fro motions of the elements of an elastic jelly : in both these cases, we ought to be careful to recollect that « bond » and « vibration » are capable of a much wider meaning than their usual simple ones, and that the wider meaning is possible, because some of the laws of a great variety of different things are the same. » Et il termine en disant : « To suppose that the ether is at all *like* the model I am about to describe would be as bad a mistake, as to suppose a sphere at all like $x^2+y^2+z^2=r^2$, and to think that it must in consequence be made of paper and ink. »

La partie essentielle de l'œuvre personnelle est théorique et porte sur l'Électro-optique; c'est ainsi que nous le voyons, dès 1876, expliquer le phénomène de Kerr relatif à la réflexion sur un aimant par la différence de vitesse des rayons circulaires droit et gauche dans le champ magnétique, et la production de la réflexion de la lumière dans une couche de passage. Il

s'occupe ensuite de la force produite dans le radiomètre, et de la théorie électro-magnétique de la réflexion et de la réfraction. Entre temps, il était préoccupé de la production des ondes électro-magnétiques, et il publiait sur ce sujet une série de Mémoires, qui ont pu faire dire à ses amis qu'il avait été un précurseur de Hertz. Après lecture, je ne partage pas leur avis; car, sans parler des erreurs glissées dans le premier Mémoire, on ne peut guère trouver dans les autres que les idées alors courantes chez les principaux physiciens. Cependant, il y a un Mémoire sur l'énergie transmise à l'éther par un courant alternatif et une Note où il est dit que les ondes courtes peuvent être produites par les décharges des condensateurs. Mais ce ne sont là que des développements relatifs aux théories de Maxwell, aux calculs de Lord Kelvin et aux expériences de Feddersen. On peut dire que Hertz a trouvé au début de ses expériences le terrain absolument vierge, sinon au point de vue théorique, puisque Maxwell avait écrit son traité, mais au moins au point de vue expérimental. Nous ne pouvons abandonner ce terrain sans indiquer que, conjointement avec M. Trouton, Fitzgerald indiqua, dès la découverte de la résonance multiple, la possibilité de l'expliquer par l'amortissement.

Dans un domaine analogue, Fitzgerald a consacré plusieurs Mémoires au mouvement relatif de l'éther dans le mouvement terrestre; et, après avoir étudié les expériences négatives tentées par les méthodes optiques, il en a tenté, avec M. Trouton, une électrique, qui a donné également un résultat négatif.

Une courte Note traite le sujet si intéressant des queues des comètes, les attribuant à la force répulsive de Maxwell, due aux radiations observées, force dont Lebedew vient, il y a peu d'années, de démontrer expérimentalement l'existence.

Pour les rayons X, nous trouvons une courte Note publiée avec M. Trouton, et démontrant leur diffusion. C'est l'amorce de la question que Sagnac a résolue en montrant l'existence des rayons secondaires.

Si nous cherchons maintenant à tirer une vue générale de la lecture des œuvres de Fitzgerald, nous trouverons tous ses travaux marqués au même coin, celui d'une imagination puissante et d'une critique fine. On comprend, en lisant cette œuvre, que les idées affluaient en foule à l'auteur, et que le temps lui manquait pour les pousser à fond. Aussi les suggestions y sont-elles extrêmement abondantes et sa lecture est hautement à recommander à tous les physiciens. Les jeunes y trouveront des idées de travail, les vieux y apprendront que même un grand physicien ne doit pas craindre de s'aventurer parfois. Tout n'est pas parfait dans l'œuvre de Fitzgerald; bien des questions sont très incomplètement traitées; mais par cela même, il a largement contribué aux progrès de la Physique en Angleterre en aidant les autres et leur suggérant des travaux, et ses compatriotes l'ont largement et justement payé en honneurs et en considération.

André Broca,
Professeur agrégé de Physique
à la Faculté de Médecine de Paris.

Walter (Dr J.) — **Aus der Praxis der Anilinfabrikation.** — 1 *vol. in-4° de* 330 *pages avec* 116 *figures et* 12 *tables. (Prix : 22 marks). — Janecke frères, éditeurs. Hanovre*, 1903.

Voici un ouvrage qui intéressera certainement tous ceux qui s'occupent de l'enseignement de la Chimie appliquée et qui leur fournira des renseignements utiles. On sait, en effet, que l'étude des matières colorantes artificielles, telle qu'elle se traite généralement dans l'Enseignement supérieur, repose presque exclusivement sur la discussion des réactions de formation de ces substances, et, par suite, sur l'analyse des arguments invoqués pour établir leurs formules de constitution et leurs propriétés; c'est évidemment là un côté de la question fort intéressant, indispensable même. L'ouvrage de M. Walter nous en fait voir un autre, non moins nécessaire pour qui veut se faire une idée un peu exacte de cette branche de l'industrie; nous voulons parler de la manière pratique de mettre en œuvre, industriellement, toutes ces réactions. On y arrive généralement au moyen de dispositifs qu'on emploie pour un très grand nombre de colorants. L'auteur choisit donc un exemple, la fabrication de la safranine, et discute à ce sujet les conditions de fonctionnement de tout l'appareillage employé dans ce but : chaudières, bacs, agitateurs, manomètres, moulins à boulets, filtre-presse, monte-jus, etc.; il examine les plans généraux d'installation, expose la comptabilité de fabrication, les méthodes de contrôle, la façon d'établir les prix de revient, etc., le tout avec une abondance de détails que peut seul donner un praticien.

Philippe A. Guye,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Colomer (Félix), *Ingénieur civil des Mines.* — **Recherches minières** : *Guide pratique de prospection et de reconnaissance des gisements à l'usage des Ingénieurs et des Propriétaires de Mines.* — 1 *vol. de* 270 *pages* (*Prix : 7 fr. 50*). *Vve Dunod, éditeur. Paris*, 1902.

Tout ingénieur ayant fait des prospections de mines reconnaîtra l'utilité du nouveau livre de M. Colomer. En quelques pages, l'auteur a résumé l'ensemble des connaissances qu'il est indispensable de se rappeler, ainsi que les principales questions qu'il faut approfondir sur place lorsqu'on est chargé par un groupe financier de l'étude d'une mine. Son ouvrage est un véritable canevas pour la rédaction du Rapport, travail toujours délicat qui repose sur l'évaluation du gisement et sur l'estimation de la valeur de la mine. Certes, M. Colomer a bien fait d'insister sur la nécessité de faire entrer en ligne de compte les facteurs de la main-d'œuvre, des matières premières et des transports, sur lesquels on glisse un peu trop souvent, lorsqu'on fait entrevoir les avantages d'une affaire nouvelle.

Les renseignements et les tableaux fourmillent dans cet intéressant volume. Les différents systèmes de sondage y sont décrits au complet avec tous les prix de base permettant l'établissement du devis. Signalons enfin, à propos des travaux topographiques de prospection, la si curieuse méthode photographique de M. le colonel Laussedat, sur laquelle M. Colomer s'est étendu avec beaucoup de raison, car, par la multiplicité de ses applications, aussi bien dans l'industrie que dans l'art militaire, ce procédé fait réellement honneur au génie français. Une description des minéraux les plus usuels, avec indication de leur utilisation, termine cet ouvrage, qui sera consulté avec fruit par les nombreuses personnes s'intéressant aux richesses minières.

Emile Demenge,
Ingénieur-Métallurgiste.

Metchnikoff (Elie), *Professeur à l'Institut Pasteur.* — **Etudes sur la nature humaine** : **Essai de philosophie optimiste.** — 1 *vol. in-8° de* 300 *pages.* (*Prix : 6 fr.*). *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1903.

Où allons-nous? Qu'est-ce qui nous attend au bout de tant d'efforts dont est tissée la vie humaine? Est-il juste que nous soyons surpris cruellement, insidieusement, sans raison, par la mort, que nous cessions d'exister alors que le besoin de vivre se fait sentir en nous avec plus d'insistance et plus d'impétuosité que jamais?

Telles sont les questions qui ont de tous temps préoccupé l'humanité. Elles étaient trop pressantes pour être laissées longtemps sans réponse. Aussi les solutions n'ont-elles pas manqué.

La promesse d'une vie future a été sûrement la plus ingénieuse invention, dans l'espèce, car, tout en répondant au besoin naturel de continuer quelque part la

vie interrompue ici-bas, cette solution offrait l'avantage, grâce à son essence mystique, de n'admettre ni discussion, ni contrôle. Elle a réussi si bien que pendant de longs siècles la foi dans la vie d'outre-tombe a suffi pour prévenir toute velléité de révolte contre la destinée.

Mais la foi sans critique ne saurait durer indéfiniment. Le développement des connaissances scientifiques a conduit au doute, et les intelligences qui n'ont pu s'accommoder à l'idéal de la religion ont essayé d'en trouver un autre ; aux hommes qui ne croyaient plus aux promesses d'une vie ultérieure, il fallut une solution immédiate, sur cette terre. Mais alors, ils se trouvèrent en face d'un vide désespérant. Ne découvrant dans la vie humaine rien qui vaille la peine de la mener jusqu'au bout, ils ont résolu d'engager l'humanité à en finir avec la vie, à disparaître.

Ce conseil ne fut pas beaucoup suivi. Mais, si l'envie de vivre est si forte que l'on préfère accepter une existence telle qu'elle est plutôt que le néant, il n'en est pas moins vrai que le besoin de savoir « où nous allons » est de plus en plus pressant.

La vieillesse s'installant avec son triste cortège et aboutissant à la mort, alors que l'homme se cramponne de toutes ses forces à la vie, n'est-ce pas un spectacle attristant ? Arriver à la décrépitude physique et intellectuelle en guise de couronnement de toute une vie, désirer ardemment vivre, alors que l'on se sait guetté par la mort, il y a en cela tant de désharmonie, tant d'injustice que l'esprit ne peut accepter sans révolte ce final de la vie humaine qui ressemble plutôt à un assassinat qu'à une mort naturelle.

Les exemples de ces désharmonies s'observent, d'ailleurs, tous les jours ; on les trouve dans les règnes végétal et animal, on les trouve en grand nombre dans les différentes fonctions humaines. Mais l'homme essaie de les réparer dans la mesure du possible et souvent avec succès. Seule semble irréparable cette désharmonie qui caractérise la fin de la vie humaine ; c'est là une impasse dans laquelle se voient acculés ceux qui refusent le secours de la foi religieuse, c'est là l'origine du pire des pessimismes.

Mais voilà qu'à l'horizon de la philosophie vient de paraître une nouvelle conception de la vie, qui change du tout au tout nos idées les plus anciennes et les plus profondément enracinées. Ce que, il y a quelques centaines d'années, Bacon a fait pour les sciences en général, en proclamant la nécessité d'études méthodiques, M. Metchnikoff vient de le faire pour les doctrines philosophiques. Le microscope en main, il vient de nous donner une preuve que les problèmes les plus abstraits peuvent être éclairés par les méthodes rigoureuses de l'expérimentation et de l'observation.

Si la perspective de la vieillesse, telle que nous la voyons de nos jours, nous rebute et nous fait maudire la vie, c'est que nous prenons pour vieillesse ce qui ne l'est pas. En réalité, les vrais vieillards sont extrêmement rares ; les cas de mort naturelle de vieillesse, dans le sens propre du mot, sont exceptionnels, car, dans l'immense majorité des cas, la mort nous surprend avant que nous soyons arrivés au terme normal de notre existence.

La vieillesse actuelle doit être considérée comme une maladie, tout comme la rougeole, et, comme telle, elle comporte une pathogénie, elle comporte aussi un traitement. Ce n'est que lorsque, par des remèdes appropriés, on aura débarrassé l'âge avancé de ses accidents, que l'homme pourra s'acheminer vers sa fin naturelle, sans encombres, parvenant à une vieillesse autrement sympathique que celle que nous observons aujourd'hui. L'homme aura parcouru son cycle complet sans être arrêté à mi-chemin, et, arrivé au terme de son existence, loin d'être effrayé par la perspective de la mort, il y aspirera comme à un repos naturel, et cela en vertu d'un instinct nouveau qui naîtra en lui au fur et à mesure qu'il avancera en âge, et qui est l'instinct de la mort.

Cette conception de la mort naturelle n'est pas créée de toutes pièces pour les besoins de la cause. Sans être fréquente, elle existe déjà dans le monde animal ; nous en trouvons un exemple frappant chez les Insectes, chez ces animaux, précisément, à organisation si parfaite, chez lesquels la différenciation des cellules nerveuses est telle qu'elles sont capables de remplir les fonctions psychiques les plus élevées.

Chez les éphémères notamment, ces petits Insectes si connus, dont l'âge adulte ne dépasse guère quelques heures, toute l'organisation prouve que nous avons un exemple de mort naturelle.

Cette mort naturelle, qui est déjà réalisée dans la Nature chez certains animaux, pourquoi serait-elle impossible chez l'homme ?

Telle est dans sa nudité l'idée-mère qui a permis à M. Metchnikoff de créer une nouvelle doctrine philosophique. Une fois cette question de la vie humaine ramenée des sphères métaphysiques sur le terrain solide de l'expérimentation, M. Metchnikoff abandonne les innombrables documents historiques dont il avait régalé le lecteur, et il vient s'emparer de son outil favori, le microscope. Le philosophe cède la place à l'homme de laboratoire, et, avec ce génie d'observation qui lui est particulier, il tire de son microscope des notions sur la vieillesse qui étonnent autant par leur ingéniosité que par cette simplicité qui est le propre des grandes découvertes.

De main de maître, il nous dévoile la pathogénie de la vieillesse actuelle ; il nous trace tout un programme d'études devant aboutir à la réparation de la désharmonie de la vieillesse et à la découverte des moyens de la guérir ; finalement, il nous fait assister, en termes émouvants, à cet avenir peut-être pas très lointain, où, grâce aux progrès de la Science, la vie humaine, au lieu d'être un fardeau, une désharmonie, sera considérée comme le plus grand bienfait de la Nature.

D^r^ B.

4° Sciences médicales

Berlioz (F.), *Professeur à l'Université de Grenoble.* — **Précis de Bactériologie médicale.** — 1 *vol. in-16 cartonné à l'anglaise, de* 542 *pages. Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1903.

Précédé d'une belle préface du Professeur Landouzy, le précis du Dr Berlioz comprend deux parties. La première (Bactériologie générale) expose la morphologie et la physiologie générale des microbes, leurs rapports avec le milieu ambiant : sol, air, eau et avec l'homme lui-même. La nutrition et les sécrétions bactériennes, la question de l'infection et de l'immunité sont décrites sommairement, mais d'une manière suffisamment complète pour le médecin et l'étudiant qui désirent avoir une vue d'ensemble sur ces grands problèmes.

Dans la seconde partie de l'ouvrage (Bactériologie spéciale), seize chapitres sont consacrés à l'étude des principales bactéries pathogènes et à la technique la plus pratique pour les recherches cliniques et le diagnostic bactériologique des maladies microbiennes. On ne peut que louer, dans le précis de Bactériologie médicale du Dr Berlioz, la méthode, le plan et l'ordre de chaque chapitre. Il est intéressant et d'une grande clarté. C'est un excellent livre d'étudiant.

Dr H. Vincent,
Professeur au Val-de-Grâce.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Avril 1903.

M. le Président annonce à l'Académie la mort de M. **L. de Bussy**, membre de la Section de Géographie et de Navigation. — M. **Noether** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Drach** détermine toutes les surfaces que l'on peut déformer d'une manière continue de telle sorte qu'une des familles de lignes qui ont pour image sphérique les génératrices de la sphère conserve cette propriété dans la déformation. — M. **Stephan** communique les observations de l'éclipse de Lune du 11 avril faites à l'Observatoire de Marseille. — M. **G. Rayet** adresse les observations de la même éclipse faites à l'Observatoire de Bordeaux. La partie éclipsée de la Lune a complètement disparu; le cône d'ombre était bien un cône d'ombre pure. — M. **P. Puiseux** a observé l'éclipse de Lune à l'Observatoire de Paris. La partie éclipsée était à peu près complètement invisible; dans la pénombre, grâce aux changements de teintes, on a aperçu des détails ordinairement peu visibles. — M. **Kannapell** a étudié l'éclipse à l'Observatoire de la Faculté des Sciences de Paris. Sur les épreuves photographiques, il a obtenu une zone de pénombre très prononcée. — M. **J. Guillaume** présente ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le premier trimestre de 1903. Les taches, ainsi que les facules, ont augmenté en nombre et en étendue. — M. **M. Hamy** : Sur l'amortissement des trépidations du sol. Application au bain de mercure à couche épaisse (voir p. 526). — M. **Rollet de l'Isle** indique le principe d'une méthode pour le calcul de l'heure et de la hauteur d'une pleine mer au moyen des constantes harmoniques.

2° Sciences physiques. — M. **H. Becquerel** a observé, dans le rayonnement du polonium, l'existence d'un rayonnement très pénétrant, qui produit au contact du plomb un rayonnement secondaire. Le rayonnement du polonium ne diffère de celui du radium que par l'absence d'un rayonnement de nature cathodique. — M. **N. Vasilesco-Karpen** démontre que, lorsqu'un disque portant une charge électrique variable tourne autour de son axe, le glissement sera nul, quelle que soit la nature du disque, dans les expériences où l'on utilise l'action directe, sur l'aiguille aimantée, du champ produit par la convection. Le glissement sera inappréciable dans le cas des secteurs isolés. Les expériences semblent vérifier ces conclusions. — M. **G. Charpy** a constaté que la cémentation n'est pas limitée par la solubilité du carbone dans le fer. Elle permet d'obtenir, soit, à basse température, la transformation du fer en carbure de fer, corps métastable, soit, dans les conditions normales, la transformation indéfinie du carbone en graphite par l'intermédiaire d'une quantité limitée de fer. — M. **A. Jouniaux** a étudié l'influence qu'exerce, à une température fixe, la pression sur la réduction par l'hydrogène de quelques halogénures métalliques. La proportion de l'hydracide formé, au bout d'un temps de chauffe suffisant pour amener la fixité de l'équilibre, est d'autant plus forte que la pression initiale du gaz est plus faible. — M. **D. Tommasi** rappelle qu'il a obtenu dès 1877, dans l'étude de la réduction électrolytique du chlorate de potassium, des résultats presque identiques à ceux de MM. Bancroft, Barrows et Brochet. — MM. **P. Sabatier** et **J. B. Senderens** ont poursuivi leurs recherches sur le dédoublement catalytique des alcools par les métaux divisés. L'alcool allylique donne surtout de l'aldéhyde propylique, l'alcool benzylique du benzylal. Les alcools secondaires se transforment en acétones et hydrogène; les alcools tertiaires en eau et carbures éthyléniques. — M. **R. Fosse** a préparé des pyrones diphénylées par l'action à chaud du carbonate de potassium sur les éthers orthophosphoriques des phénols. Avec le phénol, on obtient la diphénopyrone; avec l'o-crésol, la diméthylphénopyrone; avec l'α-naphtol, la dinaphtopyrone. — MM. **E. Charabot** et **A. Hébert** ont reconnu que, d'une manière générale, l'addition de sels minéraux au sol augmente l'acidité volatile des feuilles fraîches; le phosphate disodique a une action supérieure à celle des chlorures et sulfates; les nitrates paraissent plutôt la réduire. — M. **M. Javillier** a constaté la présence simultanée de caséase et d'érepsine dans le suc cellulaire de l'ivraie. — M. **P. Thomas** a observé que la levure, cultivée en large surface dans un liquide minéral sucré, peut fournir d'assez grandes quantités d'acide formique si on lui donne l'azote sous certaines formes (urée, amides).

3° Sciences naturelles. — M. **G. Bohn** a constaté qu'il suffit que les rayons du radium traversent le corps d'un animal pendant quelques heures pour que les tissus acquièrent des propriétés nouvelles, qui pourront rester à l'état latent pendant de longues périodes, pour se manifester tout à coup au moment où normalement l'activité des tissus augmente.

Séance du 4 Mai 1903.

M. **E. Guyou** lit une notice sur la vie et les travaux de l'amiral Ernest de Faulque de Jonquières.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Pellet** communique ses recherches sur la fonction Γ et ses analogues. — M. **Em. Borel** démontre le théorème suivant: Soit, dans l'espace à n dimensions, une infinité dénombrable d'ensembles fermés (c'est-à-dire tels que chacun contienne son dérivé) E_1, E_2, ..., E_p, et un ensemble quelconque E tel que tout point de E soit intérieur à l'un des E_i. On peut, dès lors, choisir parmi les E_i un nombre limité d'ensembles tels que tout point de E soit intérieur à l'un d'eux. — M. **P. Duhem** montre que la proposition qu'il a établie sur la propagation des ondes au sein des milieux vitreux affectés de viscosité s'applique à tous les milieux visqueux sans exception, qu'ils soient vitreux ou cristallisés, solides ou fluides. — M. **G. Kœnigs** étudie le mouvement relatif de la pièce et de l'outil dans la taille des profils des mécanismes. — MM. **Gaiffe** et **Gunther** décrivent un nouveau type de dynamomètre de transmission donnant directement la puissance en kilogrammètres. — M. **Jean Mascart** donne les termes perturbateurs qui s'introduisent sous la forme séculaire pour obtenir la correction d'éphéméride d'une planète dans deux cas : 1° cas où une ou plusieurs oppositions intermédiaires ne furent pas observées; 2° certains cas de fortes excentricités. — M. **Ch. Nordmann** a reconnu que la température terrestre moyenne subit une période sensiblement égale à celle des taches solaires; l'effet des taches est de diminuer la température terrestre moyenne, c'est-à-dire que la courbe qui représente les variations de celle-ci est parallèle à la courbe inversée de la fréquence des taches solaires. — M. **Esclangon** communique ses observations sur les lueurs crépusculaires à Bordeaux pendant l'hiver 1902-1903. On a constaté la présence dans le ciel, beau en apparence, de cirrus extrêmement légers et transparents, colorés en rose, seulement visibles au crépuscule et à l'aurore. D'autre part, la hauteur des couches réfléchissantes était relativement faible.

2° Sciences physiques. — **M. G. Meslin** donne une théorie du dichroïsme magnétique et électrique. Elle se base sur le fait que, seules, les liqueurs qui contiennent en suspension des solides et spécialement des cristaux sont actives. Dans le champ de l'électro-aimant, les lamelles cristallines prennent un assemblage différent suivant qu'elles seront para ou diamagnétiques, et cet assemblage influera différemment sur la lumière. — **M. Salles** a vérifié le fait que les rayons cathodiques repoussent la lumière anodique; en réalisant un tube où l'anode se trouve à l'abri du rayonnement cathodique, on aperçoit à l'anode un beau faisceau de lumière bleu lilas. — **M. A. Brochet** poursuit ses recherches sur les diaphragmes métalliques. — **M. Guntz** a mesuré la chaleur de formation de quelques composés du baryum. $Ba + O = BaO$ sol. + 133,4 cal.; $Ba + H^2 = BaH^2 + 37{,}5$ cal.; $Ba^3 + Az^2 = Ba^3Az^2$ sol. + 149,4 cal. — **M. de Forcrand** a déterminé quelques constantes physiques du triméthylcarbinol : chaleur spécifique à l'état liquide : 0,722 (de 25° à 45°); chaleur spécifique à l'état solide : 0,560 (de — 21° à + 14°); chaleur de solidification : 0,020978 cal. à 25°; chaleur de solidification moléculaire : 1,552 cal.; chaleur de volatilisation : 9,426 cal. à 83°. — **M. G. Gustavson** a obtenu, en faisant réagir le chlorure d'éthyle sur le benzène additionné de chlorure d'aluminium, un composé $Al^2Cl^6.C^6H^3(C^2H^5)^3$, qui se combine avec 6 molécules de benzène, 5 de toluène, 4 de métaxylène, etc., pour donner des composés susceptibles de fournir la réaction de Friedel et Crafts. — **M. P. Carré**, en faisant réagir l'acide phosphoreux sur l'érythrite, a obtenu d'abord l'acide érythrophosphoreux $P(OH)^2OC^4H^9O^3$, puis le composé $P(OH)^2O.CH^2(CHOH)^2CH^2O(OH)^2P$. L'action prolongée de la chaleur fournit l'éther phosphoreux neutre de l'érythrane $P(OH)OC^4H^6O$. — **MM. Oechsner de Coninck** et **Raynaud** ont étudié la décomposition par l'acide sulfurique des acides benzoïque et phtalique. — **MM. E. Charon** et **E. Dugoujon** montrent qu'il y a un parallélisme étroit entre le caractère non saturé de la molécule de chlorure de cinnamylidène et la stabilité du groupement $CHCl^2$ voisin de la double liaison. — **M. R. Fosse** a observé que le carbonate de phényle $CO^3(C^6H^5)^2$, chauffé en présence de carbonate de soude, dégage CO^2 et donne le sel de l'acide phénoxyorthobenzoïque $C^6H^5.O.C^6H^4.CO^2H$. Cette réaction est générale pour les carbonates de phényle et les salols. — **M. P. Brenans** a préparé un nouveau phénol diiodé 1 : 3 : 4, qu'il a obtenu en partant de la paranitraniline monoiodée 1 : 4 : 2. — **M. E. Roux**, en réduisant les oximes de l'arabinose et du xylose, a obtenu deux bases nouvelles, l'*arabinamine* (amino-1-pentanetétrol $\frac{2}{3.4}\cdot5$), F. 98°-99°, très soluble dans l'eau, $[\alpha]_D = -4°{,}58$, et la *xylamine* (amino-1-pentanetétrol $\frac{2.4}{3}\cdot5$), sirop épais, très soluble dans l'eau, $[\alpha]_D = -8°{,}5$. — **M. A. Buisine** a obtenu, par l'action de la glycérine sur la chaux potassée, trois réactions différentes :

à 220° — 250° :

$$C^3H^8O^3 + 2KOH = CH^3CO^2K + HCO^2K + H^2O + 4H;$$
à 250° — 280° :

$$2C^3H^8O^3 + 4KOH = 2CH^3CO^2K + C^2O^4K^2 + 2H^2O + 10H;$$
à 280° — 320° :

$$2C^3H^8O^3 + 6KOH = 2CH^3CO^2K + 2K^2CO^3 + 2H^2O + 12H.$$

L'hydrogène dégagé est pur. Ces réactions peuvent être appliquées au dosage de la glycérine. — **MM. R. Lépine** et **Boulud** ont observé que l'acide glycuronique du sang ne paraît exister que dans les globules et non dans le plasma. Si le sang est défibriné par le battage, on en trouve aussi dans le sérum. — **M. G. Bertrand** a reconnu que toutes les parties de l'œuf de poule contiennent des quantités appréciables d'arsenic, mais c'est le jaune qui, de beaucoup, est le plus riche. — **M. C. Gessard** a constaté que la tyrosine est le chromogène dont l'oxydation par la tyrosinase détermine la formation du pigment noir commun à divers produits physiologiques et pathologiques de l'économie animale. — **MM. V. Henri** et **Larguier des Bancels** ont appliqué à l'étude de l'action des diastases protéolytiques la méthode de mesure de la conductibilité électrique. Les résultats obtenus rapprochent l'action de la trypsine sur la gélatine de l'action de l'amylase, de l'invertine et de l'émulsine; cette action n'est pas une action catalytique pure, mais se produit avec formation de combinaisons intermédiaires entre la trypsine et la gélatine.

3° Sciences naturelles. — **M. G. Bohn** a étudié l'influence des rayons du radium sur les œufs vierges et fécondés. Ces rayons tuent les spermatozoïdes, amas de chromatine nus, mais excitent la chromatine de l'ovule protégée par du protoplasma, déterminant la parthénogénèse. Ils confèrent à la chromatine de l'œuf fécondé des propriétés durables. — **Mlle M. Stefanowska** a étudié la croissance en poids de la souris blanche. Le mâle, un peu plus pesant que la femelle dès le début, s'en écarte progressivement dans le cours du développement; mais, malgré cet écart grandissant, les deux courbes de poids présentent une grande similitude. — **M. P. Lesage** décrit un appareil destiné à mesurer la tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré. Cette tension n'est pas maxima; elle va en augmentant de l'entrée vers la profondeur des voies respiratoires. — **M. G. Chauveaud** a découvert, chez les Conifères, un nouvel appareil sécréteur, constitué par de véritables laticifères. — **M. P. Guérin** a étudié le développement et la structure anatomique du tégument séminal des Gentianacées. Ses observations font ressortir une distinction très nette entre les deux sous-familles des Gentianoïdées et des Ményanthoïdées. — **M. L. Matruchot** présente des cultures pures de truffe du Périgord (*Tuber melanosporum*) et de truffe de Bourgogne (*T. uncinatum*). Ce sont des cultures de mycélium truffier à l'état isolé et pur. — **MM. M. Lugeon, M. Ricklin** et **F. Perriraz** ont constaté en Suisse l'existence d'au moins 236 bassins fermés, fréquents surtout dans les Alpes calcaires. Souvent, ils avoisinent les lignes de faîte; la majorité possèdent de petits lacs. — **M. Ch. Dépéret** a trouvé, sur les côtes françaises de la Méditerranée, l'indication de quatre lignes de rivages distinctes, échelonnées à des hauteurs décroissantes : le rivage du Pliocène ancien (170-175 m.), le rivage du Pliocène récent (60 m.), le rivage du Quaternaire ancien (25 m.), le rivage du Quaternaire récent (4-5 m.). **M. R. Fourtau** a étudié la faune échinitique du golfe de Suez et y a reconnu onze espèces nouvelles.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 Avril 1903.

M. Hervieux présente un Rapport au Ministre de l'Intérieur sur les instituteurs et institutrices qui ont le plus activement contribué à la propagation de la vaccine. — **M. Paul Fabre** signale un certain nombre de cas de récidives du zona, fait considéré jusqu'à présent comme exceptionnel. Il a constaté également l'existence de zonas à répétition et de zonas à rechute. — **M. d'Astros** lit un travail intitulé : Huit années de sérothérapie antidiphtérique à Marseille.

Séance du 28 Avril 1903.

M. L. G. Richelot, ayant subi l'opération d'un panaris après anesthésie locale à la cocaïne, rend hommage aux avantages de cet agent d'insensibilisation. — **MM. Roblot** et **Bernheim** présentent un travail sur la lutte contre la tuberculose dans et par l'école.

Séance du 5 Mai 1903.

M. Chauvel présente un rapport sur un mémoire de **M. Darier**, où ce dernier conseille la substitution, à l'atropine, dans la thérapeutique oculaire, de la méthylatropine, qui n'en présente pas tous les inconvénients. — **M. A. Calmette** présente quelques observa-

tions sur la nécessité du contrôle des désinfections publiques et les moyens pratiques pour l'assurer. — M. **Michon** lit une note sur la prophylaxie du paludisme par la quinine. — M. **Lagrange** donne lecture d'un travail sur la résection du sympathique cervical dans le glaucome.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 25 Avril 1903.

M. le Président annonce le décès de M. **J.-V. Laborde**, membre de la Société.

M. **J.-P. Bounhiol** montre que l'agitation mécanique du milieu extérieur n'a pas d'influence sur la respiration des Annélides. Toutefois, il est nécessaire, pour étudier la respiration de ces animaux, de respecter les conditions particulières normales dans lesquelles vit chacun d'eux (lumière, température, pression, aération, etc.). — M. **Ed. Hesse** a découvert dans des larves d'*Ephemerella ignita* une nouvelle Microsporidie tétrasporée, la *Gurleya Legeri*. — M. **A. Giard** dissocie la notion de paternité en six actes différents : 1° la *paternité télégonique* (action d'ordre trophique exercée par un mâle sur l'organisme femelle à la suite de la copulation) ; 2° la *paternité déléasmique* (action exercée par un accouplement, suivi ou non de fécondation, sur la production ultérieure des œufs); 3° la *paternité cinétique* (action de divers agents dans la parthénogénèse artificielle); 4° la *paternité plasmatique* (vraie paternité) ; 5° la *paternité obstétricale*; 6° la *paternité embryophorique* (action protectrice exercée par certains mâles sur les œufs pondus). — M. **Ch. Porcher** caractérise le lactose dans les urines au moyen de la phénylhydrazine; la lactosazone est insoluble dans l'eau à froid, soluble à chaud. — M. **Motas** a observé que les larves et les nymphes de tiques, même nées de mères gorgées de sang de moutons malades, sont incapables de donner le carceag aux moutons sains sur lesquels elles s'implantent; seule, la tique adulte (sexuée) paraît capable de donner la maladie. — M. **A. Laveran** attire l'attention sur certains corpuscules qu'on peut observer dans le sang et qu'on a souvent pris à tort pour des hématozoaires endo-globulaires. — M. **L. Petit** indique une modification à son procédé de triple coloration des coupes végétales. — MM. **L. Marmier** et **H. Abraham** ont pratiqué d'une façon très économique la stérilisation des eaux par l'ozone. — MM. **H. Stassano** et **F. Billon** ont constaté que la teneur du sang en fibrineferment est proportionnelle à sa richesse en leucocytes. L'hyperleucocytose produite par l'injection d'essence terpénée ozonisée porte sur les leucocytes polynucléaires. — M. **J. Babinski** a observé dans le vertige voltaïque, outre les mouvements d'inclination de la tête, des mouvements de rotation. — MM. **G. Linossier** et **G.-H. Lemoine** ont reconnu que le sérum normal de l'homme, du cheval, du bœuf présente toutes les propriétés d'un sérum néphrotoxique pour le lapin. — M. **G. Meillère** a constaté que l'organisme d'individus non saturnins peut retenir des quantités très appréciables de plomb, qu'il tolère parfaitement. Chez les saturnins, le plomb se localise principalement dans les poils des aisselles et du pubis, les cheveux, les dents, le foie et la substance grise du cerveau. — M. **M. Dupont** a entrepris, au moyen d'un diapason à longues périodes variables, une série de recherches afin de déterminer les variations normales et pathologiques que peut présenter la durée de la persistance des images sur la rétine. — MM. **Paris** et **Salomon** ont observé que la diphtérie semble s'accompagner d'une augmentation précoce et durable de la résistance minima des globules sanguins et d'une diminution appréciable de la résistance maxima. — MM. **M. Soupault** et **Jouault** ont provoqué expérimentalement chez trois lapins une hypersécrétion glaireuse intestinale par injections bismuthiques dans la vésicule biliaire, la trompe et l'appendice. — MM. **M. Labbé** et **L. Lortat-Jacob** ont constaté que les préparations iodurées et les préparations iodées n'ont pas la même action sur le poumon. L'iodure de potassium se distingue par l'intensité de la congestion et des hémorragies et la production de l'éosinophilie.

Séance du 2 Mai 1903.

M. le Président annonce le décès de M. **Nepveu**, membre correspondant.

M. **A. Laveran** a découvert, dans le sang d'une chouette, un Trypanosome nouveau, le *Tr. avium*. — MM. **A. Gilbert**, **M. Herscher** et **S. Posternak** ont constaté que la réaction produite par l'acide nitrique nitreux dans un milieu albumineux est le plus souvent distincte de la réaction indiquée par Gmelin et Frerichs. — M. **H. Vincent** a observé que le bacille de Koch cultivé dans l'eau peptonée est devenu susceptible d'être très facilement agglutiné; aussi il ne peut être employé pour faire le séro-diagnostic de la tuberculose. — M. **F.-J. Bosc** signale des faits nouveaux d'épithélioma claveleux du poumon, qui vérifient, pour lui, l'identité histologique des néoplasies claveleuses et cancéreuses. — M. **G. Donzé** a cherché à déterminer les matériaux solides de l'urine au moyen de la densité; il conclut que le coefficient 2,33 généralement adopté est un peu trop élevé et qu'une valeur voisine de 2,2 conviendrait mieux sans doute. — MM. **G. Donzé** et **E. Lambling** ont dosé l'urée, après défécation au moyen de l'acide phosphotungstique à 10 °/₀, par diverses méthodes. Les méthodes de Folin et de Brandstein donnent des résultats concordants; celle d'Yvon donne des chiffres un peu plus élevés. — M. **Cluzet** a cherché à déterminer la durée utile à l'excitation de la décharge d'un condensateur. — MM. **A. Gilbert** et **P. Carnot** ont constaté que les principes actifs du *Cecropia* augmentent très notablement l'énergie de la contraction ventriculaire, que cette action s'exerce à doses non toxiques et qu'elle est soutenue pendant assez longtemps. L'extrait alcoolique de *Cecropia* est en même temps doué de propriétés diurétiques remarquables. — M. **Gouget** rappelle qu'il a observé il y a quatre ans une entérite muqueuse chez des lapins soumis à des injections répétées d'urine. — M. **A.-M. Bloch** a entrepris une enquête sur la fatigue musculaire professionnelle. Il y a prédominance de la fatigue dans les groupes musculaires immobilisés. — MM. **M. Labbé** et **L. Lortat-Jacob** ont reconnu que l'iode est avant tout un agent producteur de mononucléose et un excitateur des fonctions du tissu lymphoïde et que les solutions iodo-iodurées déterminent des réactions plus congestives et plus éosinophiliques que l'iode.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 21 Avril 1903.

M. **Rietsch** a étudié l'action de l'air ozonisé sur l'eau; la puissance désinfectante s'est montrée très grande. — M. **P. Stephan** communique ses observations sur les spermies oligopyrènes et apyrènes de quelques Prosobranches. — M. **Alezais** conclut de ses recherches que le muscle fléchisseur des doigts chez le chat est le petit palmaire, au-dessous duquel est venu se placer le fléchisseur superficiel. — M. **L. Vernet** a observé une éosinophilie hématique accentuée chez les nouveau-nés atteint d'eczéma. — MM. **C.** et **J. Cotte** ont constaté que le pin d'Alep était abondamment représenté dans la chaîne de la Nerthe aux temps néolithiques; ses caractères ne paraissent pas avoir varié depuis cette époque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 1er Mai 1903.

M. **J. Carpentier** présente un *galvanomètre enregistreur* et un *contact tournant*. L'enregistreur peut être employé comme voltmètre ou comme ampèremètre à courant continu, en lui adjoignant des résistances ou des shunts convenables. Il présente plusieurs

particularités : Tout d'abord, le zéro de l'appareil peut être déplacé au moyen d'une clef moletée; on peut donc l'amener, suivant les besoins, à gauche ou au milieu de la graduation. La plume est amovible et réglée par contrepoids de façon à produire sur le papier un appui léger et constant. La feuille de papier, au lieu d'être montée sur un cylindre, s'introduit simplement dans l'appareil par une fente située à la partie supérieure, comme l'on met une lettre à la poste. Son entraînement se fait électriquement, en envoyant des impulsions de courant dans un électro-aimant qui actionne le cliquet d'une roue à rochet. La loi de l'avancement est donc liée à celle des émissions de courant et peut être quelconque, uniforme ou variée. Le second appareil est un contact tournant pour l'étude des courants alternatifs par la méthode de M. Joubert. Il se compose essentiellement d'une clef de décharge, très réduite, actionnée mécaniquement par une came qu'entraîne un petit moteur synchrone; la commande se fait par l'intermédiaire d'un petit rateau, dont on peut faire varier l'orientation en tournant une manivelle à la main, ce qui permet de déplacer l'instant du contact dans la période. Ce dispositif a l'avantage de substituer à un contact frottant, toujours indécis et sujet aux vibrations, un contact d'appui, franc et précis. Pour tracer la courbe représentative d'un courant alternatif, il suffit de prendre comme galvanomètre l'enregistreur à courant continu dont il vient d'être question. Pour que l'avancement du papier corresponde à l'avancement de contact dans la période, la manivelle, qui fait varier l'orientation du rateau, envoie également des courants successifs dans l'électro-aimant de l'enregistreur, de sorte qu'il suffit de tourner cette manivelle à une vitesse quelconque pour obtenir la courbe d'un courant alternatif. — **M. Léon Guillet** communique ses recherches sur la *micrographie des aciers au nickel.* L'étude micrographique des aciers au nickel bruts de forge a porté sur trois séries d'aciers extraordinairement purs, contenant, la première série, 0,120 °/₀ de carbone; la seconde, 0,250 °/₀; la troisième, 0,800 °/₀. Dans chaque série, la teneur en nickel croît de 0 à 30 °/₀. En outre, quelques observations ont été faites sur des aciers à très haute teneur en nickel (jusqu'à 92 °/₀), fabriqués à Imphy. Tous ces aciers peuvent être ramenés à trois classes qui ont, la première, la même constitution que les aciers au carbone, la seconde, la structure des aciers au carbone trempés (martensite), la troisième, la structure polyédrique. Ces derniers sont formés de fer γ. Les teneurs en nickel nécessaires pour que l'on passe d'une classe à l'autre sont d'autant plus faibles que la teneur en carbone est plus élevée. Le tableau suivant résume la classification à laquelle on est conduit :

CLASSES	CARACTÈRES micrographiques.	ACIERS à 0,120 C.	ACIERS à 0,250 C.	ACIERS à 0,800 C.
—	—	—	—	—
I . . .	Fer α + perlite.	0 à 10 °/₀ Ni.	0 à 7 °/₀ Ni.	0 à 5 °/₀ Ni.
II. . .	Martensite.	10 à 27 °/₀ Ni.	7 à 25 °/₀ Ni.	5 à 15 °/₀ Ni.
III . .	Fer γ.	Teneur en Ni > 27 °/₀	Teneur en Ni > 25 °/₀	Teneur en N > 15 °/₀

Micro-structure des aciers trempés. Sur les aciers de la première classe, l'effet de la trempe est le même que sur les aciers au carbone; il est nul sur la plupart des aciers de la deuxième; cependant, les plus riches en nickel affectent une forme polyédrique, provenant de ce qu'une partie du fer passe à l'état γ. La trempe est sans effet sur la plupart des aciers à fer γ; cependant, les aciers qui, dans chaque série, présentent les premiers la structure polyédrique, sont transformés par trempe et présentent d'importantes aiguilles de martensite. *Influence du recuit.* Le recuit a même effet que la trempe, à l'exception bien entendu des aciers au carbone. Toutefois, le recuit transforme un plus grand nombre d'aciers à fer γ en aciers martensitiques que ne le fait la trempe. C'est ainsi que le recuit agit sur les aciers à 0,800 C contenant de 15 à 20 °/₀ de nickel, tandis que la trempe n'agit que sur l'acier à 0,800 C et 15 °/₀ Ni. *Influence de l'écrouissage.* L'écrouissage n'a d'action que sur les premiers aciers de la troisième classe; cet effet est des plus intéressants et des plus curieux. Tout d'abord, les polyèdres s'agrandissent démesurément; les plans de clivage s'accentuent énormément; enfin, l'on voit apparaître de la martensite sur les bords des polyèdres. Tantôt, cette martensite semble se développer dans chaque polyèdre indépendamment du polyèdre voisin, tantôt elle semble prendre naissance par la jonction des plans de clivage de plusieurs polyèdres voisins. Ces résultats semblent jeter un jour tout nouveau sur la transformation du fer γ en martensite. *Influence du refroidissement.* Par le refroidissement, on ne transforme aucun acier des deux premières classes. Mais les aciers de la troisième classe qui étaient atteints par la trempe, le recuit ou l'écrouissage sont également transformés par refroidissement. Des expériences très concluantes ont été faites avec la neige carbonique et avec l'air liquide. Elles montrent la transformation très nette du fer γ en martensite et, en abaissant peu à peu la température, on a pu rendre l'effet graduel. *Expériences de cémentation et de décarburation.* La cémentation et la décarburation des différents échantillons sont venus contrôler les résultats déjà obtenus. L'un de ces résultats mérite d'attirer tout particulièrement l'attention par l'importance de son application industrielle. Lorsqu'on prend l'acier à 0,120 C et 7 °/₀ de nickel et qu'on le cémente de façon que la couche contienne environ 0,800 C, on obtient un acier dont l'âme est formée de fer α + perlite et la couche superficielle de martensite, constituant des aciers trempés. Ce procédé de cémentation, breveté par la maison de Dion-Bouton, permet d'obtenir des pièces d'une dureté remarquable par *simple cémentation*, non suivie de trempe. Dans la dernière partie de sa communication, M. Guillet étudie les propriétés mécaniques des aciers au nickel qu'il a déduites des essais à la traction, au choc et à la dureté. Il montre la coïncidence absolue entre les essais mécaniques et l'essai micrographique. Il conclut que l'on peut, d'un essai micrographique, déduire la valeur mécanique de l'acier au nickel que l'on a entre les mains.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 24 Avril 1903.

M. **Paul Thibault** envoie une note sur l'acide bismuthogallique. — M. **Léon Vignon** envoie une note sur l'influence du cuivre dans l'argenture du verre. — M. **Pozzi-Escot** adresse une note intitulée : « Recherche sur les accidents du collage dans l'industrie du papier ». — M. **Tommasi** envoie une note sur la réduction électrolytique du chlorate de potassium. — M. **Vèzes** adresse une note sur l'application de la règle des phases à l'étude de la distillation de la gemme. — M. **L. Maillard** communique une série de recherches sur la façon dont se produit l'oxydation de l'indoxyle mis en liberté lorsqu'on traite l'urine par les acides forts. Le produit de l'oxydation est d'abord un corps bleu spécial, l'*hémi-indigotine*, $C^{16}H^{10}Az^2O^2$, qui se transforme ensuite en indirubine, $C^{32}H^{20}Az^4O^4$, si le milieu reste acide, ou en indigotine, $C^{32}H^{20}Az^4O^4$, si on alcalinise. Si l'oxydation est lente, la phase bleue hémiindigotine peut n'être pas apparente, et l'on obtient directement la couleur rouge. Les matières étrangères de l'urine, particulièrement les couleurs jaunes et orangées, entravent l'oxydation de l'indoxyle. L'interprétation de ces faits conduit à des considérations théoriques nouvelles sur la constitution des couleurs indigotiques. — M. **Boudouard** a étudié les alliages de cuivre et de magnésium. Les données fournies par l'examen de la courbe de fusibilité, par la métallographie microscopique et par l'analyse chimique conduisent à affirmer l'existence de trois combinaisons définies formées par le cuivre et le magnésium : Cu^2Mg, CuMg et $CuMg^2$.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 22 Avril 1903.

MM. **F.-G. Donnan** et **R. Le Rossignol** ont étudié la vitesse et le mécanisme de la réaction entre le ferricyanure et l'iodure de potassium; on sait qu'il se forme de l'iode libre et du ferrocyanure de potassium. Si l'on enlève l'iode à mesure qu'il se forme par le thiosulfate de soude, la réaction a lieu suivant l'équation : $-dc/dt = k c_1^2 c_2^2$, où c_1 est la concentration des ions ferricyanogène et c_2 celle des ions iode. Les auteurs pensent que la réaction a lieu entre les ions ferriques libres et les ions iode d'après l'équation : $2Fe + 3I = 2Fe + I^3$; les ions ferriques résulteraient d'une dissociation extrêmement faible des ions ferricyanogène en ions ferriques et cyanogène. — M. **G. Barger** : Une méthode microscopique pour la détermination des poids moléculaires (voir p. 533). — M. **W.-N. Hartley** conclut de ses études sur les spectres des sels de pilocarpine que la structure de cette base ne lui confère aucun pouvoir d'absorption sélective particulier. — M. **F.-D. Chattaway** a constaté que, sous l'influence de divers agents, la dipropionanilide (de même que la diacétanilide et la dibenzanilide) subit une transformation en propionyl-*p*-aminopropiophénone : $C^6H^5Az(CO.C^2H^5)^2 \rightarrow C^2H^5.CO.AzH.C^6H^4.CO.C^2H^5$. Le meilleur agent de catalyse est $ZnCl^2$, mais HCl peut aussi être employé. — M. **W.-R. Lang**, en faisant réagir la méthylamine sèche sur le chlorure de cadmium à $-11°$, a obtenu une poudre blanche, correspondant à la formule $CdCl^2.6CH^3.AzH^2$. Chauffée à 100°, elle se transforme en une substance stable, ayant la composition $CdCl^2.2CH^3AzH^2$.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LIVERPOOL

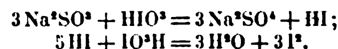
Séance du 25 Mars 1903.

M. **E. Dowzard** décrit un appareil perfectionné qui permet de doser CO^2 par traitement de la substance avec HCl, la perte de poids de l'appareil étant comptée comme CO^2. — MM. **R. F. Carpenter** et **S. E. Linder** ont étudié les réactions qui se passent dans le four de Claus pour la récupération du soufre des gaz sulfurés; on sait que H^2S y est décomposé par l'air en présence d'oxyde ferrique en donnant du soufre et de la vapeur d'eau. La température de la réaction varie de 805° à 905° C. suivant la proportion d'H^2S dans les gaz réagissants. Tandis que l'oxyde de fer est transformé en sulfure de fer, si on le remplace par du manganite de manganèse ou du manganite de calcium, ceux-ci sont transformés en sulfates de manganèse ou de calcium. La forme de sulfure de manganèse est très passagère. — M. **J. T. Conroy** a reconnu que l'acide sulfurique, même pur, exerce une action dissolvante marquée sur le platine. Cette action, très rapide au commencement, tend ensuite vers une limite. Au-dessus de 92 °/ₒ, la concentration a peu d'effet sur le degré de l'attaque; l'action est peu sensible au-dessous de 200°; à 250° elle est très prononcée. Les sulfates ammoniacal, ferreux et ferrique, le chlorure de sodium et les nitrates n'ont pas d'influence sur l'action dissolvante de l'acide sulfurique; l'arséniate de soude et le chlorure de sodium l'accélèrent; le carbone, As^2O^3, le soufre et l'anhydride sulfureux l'entravent.

SECTION DE LONDRES

Séance du 6 Avril 1903.

M. **W. Newton** décrit la fabrication de l'iode au moyen des eaux-mères de l'extraction du nitrate de soude. Du nitrate de soude impur est mélangé intimement à du charbon mouillé; ce mélange est soumis à la combustion et il reste du carbonate de soude impur; celui-ci est dissous dans l'eau et traité par un courant d'anhydride sulfureux; il se forme alors du sulfite acide de soude. Dans de grands bacs en bois, on place les eaux-mères de la fabrication du nitrate de soude, qui contiennent une petite quantité d'iodate, puis on verse la solution de sulfite acide en agitant vivement. L'iode est mis en liberté, d'après les réactions suivantes :



$$3Na^2SO^3 + HIO^3 = 3Na^2SO^4 + HI;$$
$$5HI + IO^3H = 3H^2O + 3I^2.$$

On laisse reposer et l'iode se dépose au fond du bac. On l'enlève, après avoir fait couler le liquide qui surnage, on le presse en gâteaux et on le soumet à la distillation dans une cornue de fer pour le purifier. La fabrication de l'iode est confinée au Chili, où elle accompagne l'extraction des nitrates. — M. **W. Smith** a constaté que la solubilité du bleu de Prusse dans l'acide chlorhydrique est beaucoup augmentée par l'addition d'acides organiques : formique, acétique, propionique, butyrique; ces solutions sont incolores. On peut teindre le coton sans danger en le trempant dans ces solutions mixtes et en le plongeant dans l'eau qui précipite le bleu de Prusse sur la fibre.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 6 Mars 1903.

MM. **H. Grimshaw**, **W. Tong** et **L. R. Barnes** proposent une nouvelle méthode d'analyse du caoutchouc manufacturé, basée sur l'action successive de différents solvants. Par extraction avec l'acétone dans un appareil de Soxhlet, on enlève d'abord les huiles et résines naturelles, les huiles grasses libres, les hydrocarbures et le soufre libre. Le résidu est traité par la soude ou la potasse alcoolique bouillante, qui en extrait les huiles vulcanisées et oxydées, avec le soufre et le chlore qui y sont combinés. Une macération du nouveau résidu dans le nitrobenzène froid enlève les matières bitumineuses. Enfin, le traitement par le nitrobenzène bouillant et un peu de chloroforme dissout le caoutchouc avec son soufre de vulcanisation, tandis que le résidu final contient le carbone, l'amidon, les matières organiques insolubles et les matières minérales.

Séance du 3 Avril 1903.

MM. **B. Hart** et **G. H. Bailey** décrivent une modification qu'ils ont apportée au procédé des chambres pour la fabrication de l'acide sulfurique. Elle consiste essentiellement dans l'intercalation, entre la première et la seconde chambre : 1° d'une tour en plomb traversée verticalement par 28 tubes ou colonnes dont les extrémités s'ouvrent dans l'air; les gaz sortant de la première chambre arrivent au haut de cette tour et la descendent en sens inverse des courants d'air qui sont induits dans les tubes; 2° d'une conduite en plomb qui amène les gaz de la base de cette tour au sommet d'une seconde tour; elle est également perforée de colonnes verticales traversées par l'air; 3° d'une seconde tour, semblable à la première, à la base de laquelle les gaz sortent pour entrer dans la seconde chambre. Les avantages de cette modification sont : 1° un mélange plus réel des gaz; 2° l'enlèvement d'une grande quantité de brouillard d'acide sulfurique, qui empêche les progrès de la réaction; 3° la mise en liberté des gaz nitreux sous une forme avantageuse pour leur activité ultérieure. L'augmentation de charge, après l'introduction de ces tours, a pu être poussée jusqu'à 60 °/ₒ. — M. **H. Porter** a étudié le tirage et la marche de la circulation dans les chambres de plomb; il illustre ses résultats au moyen de schémas. Il conclut que les gaz doivent être admis dans les chambres par le fond, et que la vapeur doit arriver à l'une des extrémités de la chambre pour se mêler avec le noyau central des gaz entrants et sortants.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 30 *Mars* 1903.

M. F. Clowes a fait l'étude de l'atmosphère des parties souterraines du *Central London Railway*. La proportion de CO^2 est plus élevée dans les voitures, où elle varie de 9,6 °/₀₀ en volume pour un wagon vide à 14,7 °/₀₀ dans un wagon plein. Dans le tunnel même, la moyenne de CO^2 est de 9,3 °/₀₀. L'humidité est à peu près la même que dans l'air extérieur. Le nombre des microorganismes est supérieur à celui de l'air extérieur, mais on n'a trouvé dans le souterrain aucun germe pathogène.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 3 *Février* 1903.

MM. F. W. Richardson et **J. C. Gregory** décrivent une méthode pour la détermination polarimétrique des tartrates; elle peut servir indirectement à la détermination des carbonates et des bicarbonates alcalins en utilisant la propriété qu'ils ont de former des tartrates alcalins solubles avec le bitartrate de potassium insoluble.

Séance du 30 *Mars* 1903.

MM. H. R. Procter et **F. A. Blockey** ont étudié l'absorption des substances non tannantes par la poudre de peau et son influence sur la détermination du tanin. Ils ont constaté que l'erreur de ce chef est très sérieuse et qu'elle est commune à toutes les méthodes de détermination du tanin qui emploient la poudre de peau, quoique moins prononcée généralement pour les méthodes par agitation que pour les méthodes par filtration. La principale substance non tannante absorbée par la peau est l'acide gallique.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 2 *Avril* 1903.

M. van't Hoff présente une note de **M. E. Fischer** relative à la synthèse des dérivés polypeptides. Lorsque les composés des amino-acides et de l'éther carburé sont traités par le chlorure de thionyle, il se forme des chlorures facilement combinables avec les éthers des amino-acides. L'auteur désigne sous le nom de *polypeptides* les combinaisons amidiques ainsi produites, dont le nombre est extrêmement grand et dont l'étude paraît importante pour la connaissance des peptones et matières protéiniques. Dans les dérivés carburés de ces polypeptides, on rencontre une nouvelle isomérie remarquable, rappelant les observations faites sur les acides méthyluriques. — **M. Frobenius** a étudié les facteurs premiers des déterminants de groupe. Au moyen de quelques propriétés des matrices échangeables, il développe une nouvelle démonstration du théorème : « L'exposant de la puissance d'une fonction première contenue dans le déterminant de groupe est égal au degré de la fonction ». — **MM. E. Hagen** et **H. Rubens** communiquent leurs recherches sur le pouvoir d'émission des métaux pour les grandes longueurs d'onde. Dans un travail présenté dans la séance du 5 mars, les auteurs avaient fait voir que les intensités pénétrant dans les différents métaux varient en raison inverse des racines carrées des conductivités électriques correspondantes, relation s'accordant parfaitement avec les principes de la théorie électromagnétique de la lumière et qui, du reste, avait déjà été développée par M. Drude. Dans le présent travail, ils se sont proposé d'examiner cette loi dans le cas de longueurs d'onde bien plus élevées (environ 25,5 μ), et de déterminer les coefficients de température du pouvoir d'émission des métaux. Au lieu d'étudier les pouvoirs de réflexion, qui tous, pour des valeurs croissantes des longueurs d'onde, tendent asymptotiquement vers la valeur 100 °/₀, les auteurs s'occupent, dans la première partie de leur travail, de l'émission des métaux. Comme, en vertu de la loi de Kirchhoff, l'émission des métaux est, à température et longueur d'onde égales, directement proportionnelle à la quantité (100 — R), il ne s'agissait que de porter les surfaces métalliques à une même température et de comparer leurs rayonnements calorifiques avec celui d'un corps absolument noir, pour de grandes longueurs d'onde. Ces expériences confirment parfaitement la loi ci-dessus énoncée; il n'y a que l'aluminium et le bismuth qui s'en écartent, le premier un peu et le dernier beaucoup; il convient toutefois de tenir compte des nombreuses particularités qu'offre le bismuth. Les métaux purs donnent, pour la valeur constante du produit en cause, dans le cas de $\lambda = 25,5 \mu$, en moyenne $C = 7,33$; les alliages, $C = 7,25$, alors que $C = 7,23$ est la valeur théorique. Il convient de rappeler que, même dans la région du spectre étudiée dans ce travail, on ne constate pas d'influence des propriétés magnétiques de l'acier et du nickel sur les phénomènes qu'ils présentent par rapport à ces rayons. Le pouvoir d'émission montre les variations thermiques exigées par la théorie de Maxwell en raison des modifications de résistance des métaux. C'est pourquoi les auteurs n'hésitent pas à admettre, dans la région des grandes longueurs d'onde, l'accord parfait des autres constantes optiques avec les valeurs calculées sur la base de la théorie de Maxwell. D'après cette théorie, les coefficients d'extinction (g) et les indices de réfraction (ν) des métaux seraient numériquement égaux et déterminés par le seul pouvoir d'émission. Voici une autre conséquence de ces remarquables expériences : Dans le calcul théorique de la constante C, il n'entre, en dehors de facteurs numériques, que la vitesse de la lumière et la longueur d'onde, qu'on peut déterminer par des expériences de rayonnement. Or, en divisant le pouvoir d'émission d'un métal pour la longueur d'onde λ (l'émission du corps noir étant 100) par la constante C et en élevant le quotient au carré, l'on obtient la conductivité électrique en ohms; c'est dire qu'on est à même de faire des mesures électriques *absolues* au moyen de simples mesures de rayonnements.

Séance du 16 *Avril* 1903.

M. O. Hertwig expose les récents résultats de la théorie des protophylles. Ces résultats sont dus à des recherches tentées, dans ces dernières années, sur les différentes classes des Vertébrés, tant par le conférencier que par d'autres expérimentateurs. Quant au développement des protophylles interne et intermédiaire, M. Hertwig préconise la théorie de la gastrea et du cœlome ; finalement, il discute le rôle que la bouche primordiale joue dans la première disposition des organes dorsaux et dans la croissance longitudinale de l'embryon. — **M. Frobenius** présente un mémoire sur la théorie des quantités hypercomplexes. On désigne sous le nom de « système de Dedekind » les systèmes de quantités hypercomplexes dont le déterminant parastrophe, pour la trace du déterminant caractéristique, est différent de zéro. L'exposant de la puissance de fonction première contenue dans ce dernier déterminant est égal au degré de la fonction. Tout système similaire se décompose en autant de systèmes simples que son déterminant contient de facteurs premiers différents. Tout système de quantités hypercomplexes est homomorphe à un système de Dedekind dont le déterminant est divisible par chaque facteur premier du déterminant du système donné. — **M. E. Cohn** interprète et discute les recherches de MM. Hagen et Rubens sur les pouvoirs réflecteurs des métaux pour les rayons calorifiques (voir la *Revue* du 30 Avril 1903) sur la base des équations qu'il a déduites dans son ouvrage sur le champ électromagnétique.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 *Mars* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. P. H. Schoute** vient montrer, par un exemple extrêmement simple, comment

des considérations de Géométrie à plusieurs dimensions peuvent mener à des théorèmes de Stéréométrie. Il remarque que les « parallélotopes », continuant dans les espaces à plusieurs dimensions la série connue : « segment de droite, parallélogramme, parallélipipède », ont un nombre d de diagonales qui se dédouble si le nombre n des dimensions s'accroît d'une unité, tandis que le nombre g des constantes dont dépend la figure — quoique d'abord plus grand que d — ne croît pas aussi vite, comme l'indique la petite table suivante, contenant les valeurs correspondantes de n, d, g, de $n = 2$ à $n = 10$:

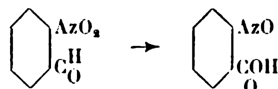
n . . .	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
d . . .	2	4	8	16	32	64	128	256	512	...
g . . .	3	6	10	15	21	28	36	45	55	...
h . . .			1	5	16	42	99	219	466	...

Il trouve ainsi qu'à côté de la relation générale, savoir : que la somme des carrés des diagonales équivaut à la somme des carrés des arêtes, les diagonales sont liées entre elles par un nombre h de relations homogènes, indiqué aussi dans la petite table ci-dessus. Ces considérations, qui paraîtront *in extenso* dans les *Archives du Musée Teyler*, mènent au théorème suivant, resté par hasard inconnu et qui se démontre tout de suite à l'aide de la formule pour la médiane d'un triangle : « En liant un point quelconque O de l'espace aux deux quadruples (A, B, C, D) et (A', B', C', D') de sommets non contigus d'un parallélipipède, on obtient deux quadruples de segments de droites, pour lesquels la somme des carrés a la même valeur. »

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. H. G. van de Sande Bakhuyzen** : *Notice nécrologique sur H. C. Dibbets*, professeur de Chimie à l'Université d'Utrecht de 1876 à 1902. — **M. H. A. Lorentz** : *Contributions à la théorie des électrons*. Première partie : Introduction de nouvelles unités dans les équations fondamentales. 1. Introduction ; 2-3. Le potentiel scalaire et le potentiel vecteur ; 4-8. Théorèmes correspondant au principe de d'Alembert et à celui de la moindre action ; 9. Application ; 10-12. Action pondéromotrice sur un système d'électrons ; 13-16. Un couple de cas particuliers de l'action pondéromotrice. — **M. H. Kamerlingh Onnes**, aussi au nom de **M. H. H. F. Hyndman** : *Isothermes de gaz à deux atomes et leurs mélanges binaires*. V. Voluménomètre de précision et appareil de mélange. Travail illustré par deux planches (voir pour I. *Rev. génér. des sc.*, t. XII, p. 391 et, pour II-IV, *Ibidem*, t. XIII, p. 447). — M. J. D. van der Waals présente, au nom de **M. J. J. van Laar** : *Sur la variation de la quantité b de l'hydrogène, en rapport avec une formule récente de van der Waals*. A l'aide de la théorie du mouvement cyclique, M. van der Waals a donné une nouvelle déduction de l'équation de l'état d'une substance simple à molécules de grandeur variable, fonction du volume (*Rev. génér. des Sc.*, t. XII, p. 296, 391, 451) ; pour un gaz à deux atomes, il trouvait :

$$\frac{b - b_0}{v - b} = 1 - \left(\frac{b - b_0}{b_g - b_0}\right)^2,$$

où b_0 représente la valeur minimum de b (contact des atomes) et b_g la valeur maximum (volume infini). M. van Laar s'occupe de l'expression de M. van der Waals pour l'hydrogène, gaz à deux atomes. L'accord entre les valeurs calculées et les valeurs expérimentales de b est assez suffisant. — **M. C. A. Lobry de Bruyn**, aussi au nom de **M. C. L. Jungius** : *Dissociation et cristallisation en une solution solide*. L'analogie entre les solutions liquides et solides n'a plus besoin d'être rappelée. Toutefois, il y a encore intérêt à en étudier de nouveaux exemples. L'exemple étudié par les auteurs est en rapport avec le déplacement intramoléculaire d'atomes, découvert par MM. Ciamician et Silber en 1901 et dû à l'influence de la lumière solaire :



— Ensuite, M. Lobry de Bruyn présente : 1° au nom de **M. E. H. Büchner** : *La transformation des iodure et chlorure de diphényl-iodone et sa vitesse* ; 2° au nom de **M. J. J. Blanksma** : *Nitration du dinitroanisol symetrique*. — **M. Th. Behrens** : *La réaction de quelques acides organiques sur les métaux des groupes du cérium et de l'yttrium*. — M. C. A. Pekelharing présente au nom de **M. E. Cohen** (pour la bibliothèque) : « Physical chemistry », authorized translation by M. H. Fischer, New York, 1903. — M. H. W. Bakhuis Roozeboom présente la thèse de **M. A. C. de Kock** : « Over vorming en omzetting van vloeiende mengkristallen ». (Formation et transformation de cristaux mixtes fluides).

3° SCIENCES NATURELLES. — Rapport de MM. J. W. van Bemmelen et G. van Diesen sur une étude de **M. J. Lorié** : *Description de quelques nouveaux percements de sol*. Dans le puits de l'écluse à Terneuzen (Zéelande), M. Lorié vient de trouver une forêt souterraine ; l'excavation a mis à jour environ six mille stères de bois de chêne, de bouleau et principalement de sapin. La base de cette forêt, c'était la tourbière même et non pas la couche de sable inférieure. D'après les variations de hauteur du niveau de la mer, dues aux flux et reflux, l'auteur en conclut que le sol s'est abaissé de six mètres à peu près après la formation de la tourbière, et qu'ensuite il s'est couvert d'une couche d'argile marine. Le travail paraîtra dans les Mémoires de l'Académie. — M. J. W. Moll présente, au nom de **M. J. H. Bonnema** : *Quelques nouveaux blocs erratiques sous-cambriens du diluvium des Pays-Bas*. — M. J. Schroeder van der Kolk présente au nom de **M. G. B. Hogenraad** : *Sur une Eisenrose du St.-Gothard*. Il y a quelque temps, l'auteur voulait obtenir une raie rouge d'hématite à l'aide d'une « rose de fer » du St.-Gothard ; mais il obtint une raie noire. Il donne la littérature de ce phénomène et prouve qu'en effet cette raie est due à l'hématite et non pas à la magnétite. — Ensuite, M. Schroeder van der Kolk présente au nom de **M. P. Tesch** : *L'indice de réfraction des pierres vitreuses*. Rapport entre la teneur en SiO^2 et l'indice de réfraction. Quand cette teneur s'abaisse de 72,65 °/₀ (granite) à 42,24 °/₀ (harzburgite), l'indice augmente de 1,5 à 1,63. Le graphique correspondant rappelle grossièrement l'hyperbole équilatère $xy =$ constante. — **M. A. A. W. Hubrecht** présente (pour la bibliothèque) : « Emil Selenka », Ein Lebensbild.

P. H. SCHOUTE.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Directeur : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Élection à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans sa séance du 25 mai, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre dans sa Section de Minéralogie, en remplacement de M. Hautefeuille, décédé. La Section avait présenté la liste suivante de candidats : en première ligne, M. Munier-Chalmas; en seconde ligne, MM. Barrois, Douvillé et Lacroix; en troisième ligne, MM. Boule, Haug, de Launay, Termier et Wallerant.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 55,

M. Munier-Chalmas a obtenu 45 suffrages,
M. Lacroix — 10 —

En conséquence, M. Munier-Chalmas a été déclaré élu.

Entré à dix-sept ans au Muséum, puis admis, peu après, au laboratoire d'Hébert, à la Sorbonne, M. Munier-Chalmas se distingua bientôt par des travaux de première importance, qui imposèrent à tous les paléontologistes la connaissance de son nom. A l'âge où d'ordinaire on n'est encore qu'étudiant, il s'affirma comme un maître. La Géologie était alors comprise de la façon la plus étroite, réduite à une minutieuse et monotone énumération d'horizons. A suivre cette fastidieuse description de strates superposées, la jeunesse se sentait comme écrasée sous un monceau de grauwakes, de poudingues, de grès bigarrés, de Spirifères et d'Inocérames. C'est à travers les jours laissés entre ces pierres que M. Munier-Chalmas discerna et fit apercevoir à ses contemporains l'édifice à élever. Il fut alors très révolutionnaire et tenu pour tel, malgré le soin touchant qu'il apportait à se mouvoir dans les cadres classiques si chers au Maître affectionné dont il était l'élève. S'il les brisa, ce fut comme malgré lui et, en tout cas, sans éclat. Aussi libre de pensée que sincèrement déférent et profondément respectueux à l'égard du grand travailleur qu'était M. Hébert, plein d'admiration reconnaissante pour l'œuvre de l'obstiné stratigraphe, à laquelle un labeur continu ne cessait d'apporter les plus précieux matériaux, il avait avec lui des discussions épiques, qui, dans l'austère laboratoire, sépulcre de fossiles et de roches, opéraient ce miracle de rendre la Géologie une science joyeuse. Tandis que la bonne grosse voix du vieux savant roulait comme un tonnerre indigné, des fusées de paradoxes déconcertaient, pour un moment, la tranquillité de sa religion, sans jamais décourager sa bienveillance; et le ciel restait pur, en dépit des éclairs dont le disciple émancipé s'exerçait à le sillonner; ces lueurs soudaines n'annonçaient point l'orage : Hébert eut le mérite d'en tirer cet augure que, du choc des silex, des pyroxènes et des phonolithes, son élève illuminerait quelque jour la nuit du passé. Essentiellement combatif, il goûta jusqu'à sa mort la joie douce d'avoir constamment près de lui un critique aussi dévoué que compétent. Et il en résulta entre ces deux hommes cette habitude charmante de se contredire perpétuellement, en s'accordant toujours.

Leurs affectueuses querelles affranchissaient de toute orthodoxie les candidats à la licence, et il n'est point exagéré de dire qu'elles ont décidé de plus d'une vocation géologique.

Si, à l'heure actuelle, la Géologie est l'une des sciences les plus brillamment représentées en France, ce n'est pas seulement à l'enseignement didactique et régulier qu'on doit ce résultat : il est juste de l'attribuer aussi aux quotidiennes conversations de M. Munier avec les jeunes gens, au libre examen des doctrines et des faits qu'il a toujours pratiqué lui-même et encouragé autour de lui : le moindre petit élève placé sous sa direction a connu, en même temps que le secours de son obligeance inlassable et le réconfort de son amitié, toutes les aises de l'indépendance; et c'est ainsi que, d'un laboratoire où, sans lui, se fût figée une Ecole heureuse de bons bourgeois stratigraphes, est sortie une pléiade de romantiques et de novateurs.

Aujourd'hui, on s'occupe moins qu'il y a vingt ans de rechercher si telle couche sédimentaire à laquelle Alcide d'Orbigny assignait une épaisseur de 10 centimètres en a 10 1/2 ou même 11; mais on se soucie davantage du rapport des choses, on ose consacrer des thèses de doctorat à l'étude d'une province géologique, considérée dans l'ensemble de sa structure et de son évolution au cours des âges : on se garde d'étudier

terrains, roches et minéraux, sans s'inquiéter de leurs connexions dans l'espace et dans le temps : pour débrouiller toute question intéressant l'histoire de la Terre, on fait appel à toutes les données de la Physique, de la Chimie, de la Pétrographie, de la Stratigraphie et de la Paléontologie. M. Munier-Chalmas a donné, dans cette voie, le meilleur exemple, celui du succès, et nombreux sont aujourd'hui les savants qu'a inspirés sa méthode.

En Paléontologie, c'est par un procédé analogue, par un recours constant aux enseignements de la Zoologie et de la Botanique, qu'il est arrivé à faire, pour les Invertébrés disparus, ce que notre illustre compatriote M. Gaudry a fait pour les Vertébrés des anciennes faunes : on peut dire qu'au moins dans les grandes lignes, il a réussi à dépister les enchaînements de ces Animaux depuis l'ère silurienne jusqu'à l'époque actuelle. Et voilà pourquoi, aux applaudissements des géologues et paléontologistes du monde entier, l'Académie a voulu compter M. Munier-Chalmas parmi ses membres. **L. O.**

§ 2. — Astronomie

La translation du Soleil. — Nous avons eu dernièrement l'occasion d'entretenir les lecteurs de la *Revue* (30 décembre 1902) de la circulation des étoiles, telle du moins que la concevait A. Duponchel : nous avons vu qu'il y avait là d'intéressantes indications, mais que le terrain était trop hypothétique pour servir de base solide, jusqu'à présent du moins. Aujourd'hui, les recherches de L. Boss sur la précession et le mouvement de translation du Soleil[1] nous ramènent à une question tout à fait analogue, celle de la détermination de l'apex solaire, et nous sommes cette fois en présence d'un travail considérable, hautement documenté, ce qui n'empêche encore un certain aléa de régner sur les résultats.

En effet, cette détermination de l'apex est fort malaisée, et à cause de la nature hypothétique des suppositions qu'il faut faire, et parce que le mouvement parallactique des étoiles est influencé par l'imperfection des observations, par la petite incertitude du mouvement de précession, et surtout par les mouvements propres des étoiles, comme dans les nombreux exemples que l'on connaît pour la grande Ourse, le Taureau, etc... Toutefois, même en admettant de nombreux systèmes de telles étoiles, il paraît que l'indifférence des mouvements particuliers peut être admise si, en considérant chaque système comme une unité, l'univers visible peut être partagé en régions contenant un assez grand nombre d'étoiles pour que la résultante de tous les mouvements, dans chaque unité de volume, soit la même pour la vitesse et pour la direction que celle de l'ensemble des régions.

C'est l'analogue de ce qui a lieu dans la théorie des erreurs : les déterminations individuelles, en principe très nombreuses, ne doivent pas être entachées d'erreurs systématiques. Dans le problème actuel, il convient de faire en sorte que les mouvements propres apparents soient principalement parallactiques et que leur nombre soit très grand : espérer arriver à un bon résultat en opérant autrement reviendrait à vouloir déterminer l'erreur probable d'une moyenne quand les déterminations individuelles sont affectées de fortes erreurs.

Si, dans une région quelconque du ciel, nous considérons un grand nombre d'étoiles, toutes à des distances du Soleil ne différant pas beaucoup entre elles, il est évident que la moyenne de tous les mouvements tendra à se confondre avec la mesure de l'effet parallactique pour la distance moyenne des étoiles dans cette région du ciel, pourvu que la résultante des mouvements particuliers tende vers zéro, conformément à la loi des probabilités, c'est-à-dire en supposant que le mouvement particulier est distribué au hasard quant à la direction. La question essentielle est alors de trouver deux limites pour la distance, en les distinguant d'une manière pratique; puis, quand on a établi deux limites de mouvement propre dans une détermination spéciale de la position de l'apex solaire, on peut estimer que la plus grande partie des étoiles considérées sont comprises entre les limites de distances correspondant aux inverses des valeurs limites moyennes de mouvements propres.

Mais, dans la pratique, l'application devient de plus en plus difficile sitôt que l'on descend au-dessous d'une limite de 10″ environ, à cause de l'influence des erreurs d'observation; or c'est précisément dans cette classe que nous trouvons un nombre d'étoiles suffisant pour garantir l'élimination des mouvements particuliers, et parvenir, par conséquent, à une bonne détermination de la précession et du mouvement du Soleil. Le mouvement propre, qui diminue en général avec l'éclat stellaire, constitue donc le meilleur critérium de la distance; heureusement, on en a un autre, moins précis, il est vrai, mais souvent utile, dans la grandeur des étoiles considérée dans des groupes nombreux.

L. Boss compare donc le catalogue du Cap par Stone avec l'ancien catalogue pour 1850. Une discussion minutieuse semble bien établir que les étoiles que nous observons ordinairement avec les instruments méridiens sont relativement proches; « la conviction qui s'est formée en moi, dit l'auteur, après de longues réflexions sur les faits, peut être formulée de la manière suivante : 1° Le Soleil paraît faire partie d'un amas stellaire avec des limites assez bien définies; 2° les dimensions de cet amas peuvent être indiquées en estimant comme exceptionnelles les parallaxes annuelles de 0″,003 pour les étoiles $>7^{M}$ et de 0″,002 pour les étoiles $>9^{M}$ ». Malgré tout, il reste une difficulté pratique dans l'utilisation des matériaux, à cause du résidu des erreurs d'observation lorsqu'on a formé les moyennes des mouvements propres : car on n'est pas assuré que les erreurs systématiques disparaissent dans les moyennes, comme on serait en droit de l'admettre si la discussion embrassait un grand nombre de catalogues.

Dans cette voie, L. Boss a successivement considéré les deux hémisphères, et il donne comme valeur la plus probable de l'apex solaire un point proche de α Lyre, par

$$A = 275°; \qquad D = +45°.$$

Enfin, de ces importants travaux, il résulte que c'est encore la valeur de D qui présente la moindre garantie d'exactitude.

La Nova de Persée. — Nous avons récemment indiqué quelques observations relatives à cette étoile[1], en ce qui concerne les déplacements possibles des masses avoisinantes et non une simple apparence dans les nébulosités. Et, bien que cet astre reste une énigme, il nous faut y revenir, étant donné le grand nombre des recherches intéressantes qu'il suscite.

Luther donne d'intéressantes indications sur l'éclat de la Nova.

Si l'on veut se faire une idée de la couleur de l'étoile, il faut, avec Osthoff, discuter des matériaux très nombreux, mais, il est vrai, peu précis, car les indications des observateurs sont assez vagues en ce qui concerne la teinte apparente; néanmoins, il paraît exister un certain parallélisme entre les changements de couleur et les changements d'éclat : voilà encore une nouvelle question soulevée, dont la solution entière ne semble pas devoir être immédiate.

Par ailleurs, des mesures de clichés photographiques donnent à Bergstrand un mouvement propre d'environ 1″, tandis que F.-L. Chase, malgré des mesures

[1] *Astr. Journ.*, n° 501. *B. A.*, t. XIX, p. 466.

[1] Voyez la *Revue* du 15 mars 1903.

très précises, déclare que la parallaxe de la Nova de Persée est absolument insensible : c'est aussi l'opinion très autorisée de Hartwig, qui dit que la parallaxe et le mouvement propre sont insensibles. Le spectre de la Nova est étudié par Gothard, et cette étoile suscite les observations de nombreux et éminents astronomes : Seeliger, Bohlin, Kreutz, Kapteyn, Ceraski, Epstein, Sidgreaves, Comas, Solà, Very, Merecki.

Dans une autre direction, nous avons les travaux relatifs aux nébulosités qui entourent la Nova, et qui deviennent progressivement lumineuses.

Les étranges déplacements de ces nébulosités, avec une vitesse comparable à celle de la lumière, captivent donc toujours l'opinion : Seeliger et Kapteyn défendent d'une façon très heureuse l'hypothèse de l'illumination successive des poussières cosmiques disséminées autour de l'étoile; mais, d'autre part, Bohlin examine attentivement les photographies qu'il a obtenues et il semble en résulter que l'on ne puisse ainsi confirmer cette opinion, qui considère les mouvements des nébulosités comme une simple illusion d'optique.

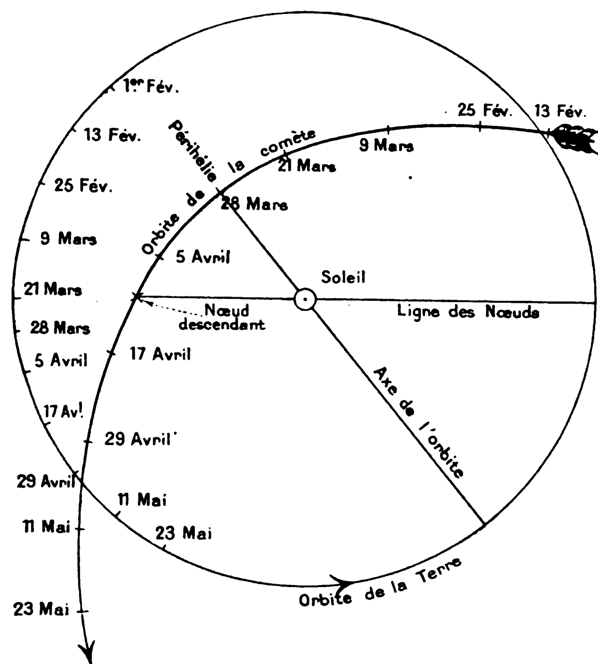


Fig. 1. — *Orbite de la Comète 1903 a.*

Enfin, voici venir une nouvelle thèse : pour échapper à la difficulté que soulève l'hypothèse des vitesses dépassant 1.000 kilomètres, Wilsing avait déjà tenté d'expliquer le dédoublement du spectre des étoiles nouvelles par l'influence des variations de pression. L'auteur s'efforce d'appliquer cette théorie à la Nova de Persée et, qui plus est, de faire voir que les déplacements si extraordinairement rapides des nébulosités qui entourent cette étoile paraissent admissibles lorsqu'on les rapproche des phénomènes que présentent les queues cométaires, et que l'on fait intervenir les forces répulsives agissant dans le vide. Cette explication, hâtons-nous de le dire, est vivement contestée par Halm; mais, en tout cas, si problématique soit-elle, cette hypothèse peut fort bien être émise puisque les apparences que présente le spectre de la Nova soulèvent des difficultés qui, malgré tout, ne sont pas encore résolues.

Voilà, en quelques mots rapides, une petite revue des tentatives les plus récentes, non compris les recherches spectroscopiques dont nous donnerons bientôt un résumé. On voit que la Nova s'est offerte aux astronomes comme un problème très complexe et très varié : nous en suivons l'évolution, et, si les difficultés sont nombreuses, du moins cet astre contribuera hautement au développement de cette branche jeune, mais féconde, l'Astro-physique.

La Comète 1903 a. — Cette comète, découverte au début de cette année à Nice par M. Giacobini (qui s'est fait une spécialité de la recherche des comètes nouvelles), paraît être un astre fort intéressant. Elle n'était que de 10e grandeur au moment de sa découverte, puis son éclat a augmenté rapidement; à la fin de février, elle était de 7e ou 8e grandeur; au milieu de mars, sa proximité du Soleil a empêché, malgré son éclat, de l'observer favorablement; actuellement, elle doit être facilement visible dans l'hémisphère sud; le 13 avril, son éclat était 36 fois plus grand qu'au moment de sa découverte, légèrement moindre qu'en mars; actuellement, il diminue peu à peu.

Le diagramme de la figure 1 montre les diverses positions de la comète sur son orbite; il a été dessiné d'après les éléments calculés par M. Fayet.

Ce diagramme montre que la comète s'est s'approchée très près de la Terre en mai; mais, comme elle a dépassé son nœud descendant depuis le milieu du mois d'avril, elle se trouve au-dessous de l'orbite terrestre et ne peut être visible que dans l'hémisphère sud de notre globe.

§ 3. — Physique du Globe

Les raz de marée. — L'opinion s'est émue des accidents récents qui se sont produits, notamment à Biarritz : au sein d'une mer relativement calme s'élève tout à coup une vague beaucoup plus forte et plus puissante que les autres, dite *vague de fond*, qui vient engloutir des spectateurs non imprudents. Quelle explication donner à cette houle, *onde solitaire* en quelque sorte, très probablement connexe au raz de marée et à la vague grossissante qui se rétrécit dans un golfe? Il n'existe guère, jusqu'ici, de théorie bien nette pour un pareil phénomène; mais, à la demande de J. Chalon, le savant géographe Elisée Reclus fait connaître son opinion (v. *Ciel et Terre*), impression plutôt qu'explication, dont nous voulons extraire l'essentiel :

« En me promenant au bord de la mer, de même que sur le rivage des lacs, j'ai souvent observé que la vague, en se brisant contre la grève, se divise en deux parties : l'une qui reflue superficiellement à la mer, l'autre qui s'engouffre, cheminant sur le fond, mais gardant toujours une sorte d'individualité, par suite d'une légère différenciation qui s'est produite dans son contact avec la plage : elle contraste avec l'onde ambiante par une certaine température, une composition, une viscosité autres; elle garde ses contours en refluant au large; puis, après un certain parcours — d'ordinaire quelques centaines de mètres — elle remonte à la surface, en bouillonnant à la façon des sources; s'allégeant du poids de la nappe surincombante, elle s'étale par ondulations circulaires. C'est là ce que j'ai pu observer maintes fois sur le lac de Genève, où j'avais l'habitude de me promener à la rame.

« Le phénomène est encore bien plus visible sur un lac salé, parce que l'écume saline, toujours très visqueuse, se maintient dans les paquets de mer qui refluent sous-marinement et reparaissent à distance.

« Mais ce reflux, qui se produit de la plage dans la direction du large, peut se produire en sens inverse et en des proportions bien autrement vastes. Figurez-vous un conflit de vents, comme il en arrive souvent dans les tournades, ou bien, ce qui revient au même, un conflit de houles, l'une soulevée directement par une tempête, l'autre obéissant à une impulsion reçue la veille. Les vagues s'entre-choquent et s'engouffrent partiellement; d'énormes « paquets de mer » s'emmagasinent ainsi, se compriment dans les profondeurs, et tôt ou tard reparaissent à la surface, surtout dans le voisinage des écueils et des côtes, où leur masse énorme, ne trouvant

plus à cheminer librement, se ralentit et se redresse soudain. »

La question, ainsi posée, est connexe de celle des bancs d'écumes, généralement limitrophes des courants; connexe des alternances de vagues fortes et de vagues faibles, périodicités bien connues des nageurs et des rameurs, soit pour entrer dans l'eau, soit pour aborder; connexe aux groupements des vagues fortes. Et alors ces lames de fond ne devraient-elles pas être périodiques?

Ce qui a été dit ci-dessus n'est qu'une *indication* très intéressante sur une question qui mérite hautement une discussion plus approfondie : c'est aux océanographes à décider.

§ 4. — Physique

La répartition des intensités dans les spectres de lignes. — De nombreux travaux, tant théoriques qu'expérimentaux, sont venus démontrer, dans ces dernières années, que les corps solides, à l'égal du corps *noir*, émettent toutes les longueurs d'onde avec des intensités croissantes, lorsqu'on augmente la température; comme, cependant, ces accroissements sont plus rapides pour les petites longueurs d'onde, le maximum d'énergie émise se déplace du côté de ces dernières.

Il serait intéressant de rechercher si cette même loi se vérifie encore pour les spectres de lignes des gaz, comme bien des faits le font prévoir. Mais des difficultés expérimentales toutes particulières s'opposent jusqu'ici à une solution définitive de ce problème. L'intensité lumineuse des lignes n'est, en effet, pas la mesure rigoureuse de l'énergie émise, qui n'est fournie que par le bolomètre ou la pile thermo-électrique. Comme, cependant, ces instruments ne sont pas encore assez sensibles pour mesurer l'énergie correspondant à une ligne du spectre produit par un tube de Geissler, il ne reste qu'à comparer par voie photométrique la puissance lumineuse des lignes avec celle des régions correspondantes d'une source dont la répartition des intensités est donnée.

C'est là la méthode suivie par M. K. Langenbach, dont les recherches sont publiées dans le n° 4 des *Annalen der Physik*. L'auteur s'est heurté aussi à cette difficulté que les raies subissent, avec la moindre modification de la décharge, des élargissements irréguliers et qui varient l'intensité de l'émission. Aussi M. Langenbach, loin d'ajouter à ses résultats une valeur quantitative, n'y voit qu'une première approximation grossière, mais dont il ressort que, dans les spectres discontinus des gaz, le maximum d'énergie se déplace également, pour des températures croissantes, du côté des petites longueurs d'onde.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'importance qu'une connaissance exacte de la répartition des énergies spectrales aurait pour les astronomes, qui seraient ainsi en mesure de déduire, de l'étude du spectre d'un astre, des conclusions rigoureuses quant à la température de ce dernier. Les essais jusqu'ici tentés dans cette voie n'étaient pas assez bien fondés, et ce n'est qu'en poursuivant les recherches commencées par l'auteur qu'on pourra espérer trouver, un jour, la température des astres en degrés centigrades.

§ 5. — Électricité industrielle

Application de l'électricité au matériel des pompiers de Paris. — Le régiment des sapeurs-pompiers de Paris, qui a réalisé la première application de l'électricité à la traction des voitures d'incendie, avant 1900, a apporté aux pompes électriques automobiles des améliorations qui rendent de grands services et méritent au moins une courte description.

Les voitures électriques employées comportent un double emploi du moteur électrique : 1° Pour la traction électrique et le transport de la voiture au théâtre de l'incendie; 2° pour la mise en œuvre des appareils d'extinction.

A ces deux emplois suffit un seul et même moteur électrique, alimenté par une batterie d'accumulateurs et relié par un dispositif d'embrayage, soit à l'essieu moteur de la voiture, soit à la manœuvre de la pompe : bien entendu, les dispositions sont prises pour que les deux transmissions ne soient pas simultanément en action, mais la mise en manœuvre de la pompe peut se faire instantanément aussitôt après l'arrêt de la voiture, et l'attaque du feu est réalisée par cette pompe beaucoup plus rapidement qu'avec les pompes ordinaires.

Nous définirons brièvement les éléments caractéristiques de la voiture, tant pour sa construction que pour sa manœuvre : Le moteur électrique a une puissance de 4 kilowatts. La batterie d'accumulateurs a une capacité utile de 180 ampères-heure et un poids de 580 kilogs. Le châssis qui les supporte a une longueur de 3^{m},25 et une largeur de 1^{m},95. Le poids brut de l'ensemble atteint 2.900 kilogs en ordre de marche, en y comprenant le personnel de trois hommes et une provision de 400 litres d'eau, ce qui fait ressortir le poids de la pompe automobile à environ 2.300 kilogs.

La pompe proprement dite est à trois corps et refoule instantanément avec une pression proportionnée au nombre d'ampères absorbés par le moteur : pression de 4 atmosphères pour 20 ampères et de 7 atmosphères pour 35 ampères. Le débit correspondant est de 60 litres à la minute avec un orifice de 7 millimètres et une pression de 4 atmosphères, et 200 litres avec un orifice de 10 millimètres et une pression de 7 atmosphères. La pompe refoule, par l'axe du dévidoir spécial qui lui est adjoint, dans un tuyau de décharge en caoutchouc à spires métalliques de 35 millimètres de diamètre intérieur. La profondeur d'aspiration de cette pompe est de 7 mètres.

Enfin, ses *conditions de fonctionnement* peuvent être diverses, suivant les besoins, et les renseignements ci-joints, que nous devons à l'obligeance de M. Cordier, commandant des sapeurs-pompiers de Paris, nous indiquent bien les ressources diverses et les emplois accessoires. La lance porte trois orifices vissés. L'un, de 7 millimètres, est utilisé lorsque la pompe fonctionne avec la seule provision d'eau de sa tonne; elle peut alors marcher cinq à six minutes; le second, de 10 millimètres, est employé lorsque la pompe a été raccordée à une source d'eau quelconque; l'énergie des accumulateurs suffit pendant six heures dans ces conditions. Le troisième orifice, de 12 millimètres, sert lorsque la bouche d'incendie voisine a une bonne pression; dans ces conditions, dès que les tuyaux branchés sur cette bouche ont été développés, le tuyau de refoulement de la pompe est raccordé à ces derniers, et la machine devient disponible; dans ce dernier cas, le rôle de la pompe a été simplement de permettre l'attaque quelques minutes plus vite (cinq minutes en moyenne).

La pompe électrique automobile est aménagée de manière à permettre d'utiliser une partie de l'énergie des accumulateurs pour l'éclairage des sinistres nocturnes, soit à l'aide de lampes à arc, soit au moyen de lampes à incandescence; ce dernier système est évidemment préférable pour le cas où l'on aurait à combattre des foyers d'incendie dans lesquels on peut craindre des mélanges détonants.

Quant à la *conduite même de l'appareil*, elle nécessite trois hommes, et au besoin deux hommes seulement, utilisés comme suit : 1° Un conducteur, qui sert également de mécanicien pour la pompe, et qui, au besoin, la raccorde avec une bouche d'eau; 2° un sapeur qui développe le tuyau en se dirigeant vers le feu pour attaquer celui-ci.

Si un troisième est affecté à la manœuvre, il aide le second à développer le tuyau et fait ensuite, s'il y a lieu, le raccordement de l'aspiration à la bouche d'eau; on obtient ainsi une plus grande rapidité d'exécution.

Le véhicule en ordre de marche peut parcourir, sans

charge, 60 kilomètres à la vitesse de 19 kilomètres à l'heure, et avec une consommation d'énergie de 50 ampères-heure; sur bonne route, la vitesse peut atteindre 22 kilomètres.

L'emploi satisfaisant de cette pompe électrique n'a pas fait abandonner l'usage des *pompes à vapeur*, avec lesquelles elle ne fait pas double emploi : elle est moins puissante, puisque sa puissance est de 4 chevaux, alors que celle des pompes à vapeur atteint 25 chevaux, mais elle est à tout instant disponible et prête à porter secours immédiat s'il le faut, pendant qu'ont lieu les préparatifs exigés par la pompe à vapeur.

Aussitôt arrivée sur le lieu de l'incendie, et mise en service avec sa provision d'eau, elle est raccordée à une source d'eau quelconque, et la réserve d'énergie de sa batterie d'accumulateurs suffit à la maintenir en fonctionnement pendant cinq ou six heures.

On voit que les services rendus par l'électricité sont, dans toutes les branches de l'industrie, considérables, et qu'il en a été fait là une heureuse application, qui n'a pas tardé d'ailleurs à se développer et tendra sans doute à se généraliser dans d'autres villes.

Nouveau Redresseur électrolytique. — A peine le rectificateur statique de courant triphasé de M. Hewitt était-il rendu public, que M. Nodon annonçait à son tour la découverte d'un redresseur pour monophasé produisant un résultat analogue, mais basé sur un principe différent.

Un cylindre creux A (fig. 1), constitué par un alliage de zinc et d'aluminium, se trouve plongé dans une solution de phosphate d'ammonium, contenue dans un récipient en fer D; les deux électrodes sont représentées par ce récipient et le tube, et le tout est maintenu par un bouchon de caoutchouc B.

Quand on insère ce simple dispositif dans un circuit électrique, il se comporte d'abord comme une résistance électrolytique; au bout de quelques instants, le tube intérieur se recouvrant toutefois d'une pellicule, laquelle se renforce et se consolide graduellement, le courant électrique ne peut plus passer que dans un seul sens, de A à D.

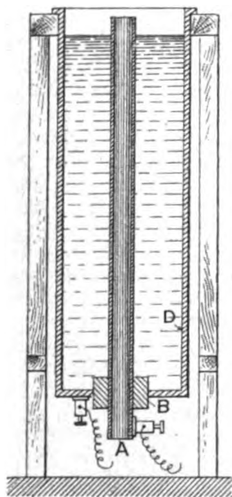


Fig. 1. — *Clapet électrolytique Nodon.* — A, cylindre creux en alliage zinc-aluminium; D, récipient en fer contenant une solution de phosphate d'ammonium; B, bouchon de caoutchouc.

On se figure facilement les nombreuses applications que cet appareil pourra recevoir; son emploi sera surtout indiqué pour opérer la charge des petites batteries d'accumulateurs au moyen d'un courant alternatif, sans avoir recours aux transformateurs. Mais comment faire, si le courant est pulsatoire et si une demi-onde seulement peut être utilisée ?

En adoptant la disposition représentée par le schéma de la figure 2, et qui a été imaginée par M. Grätz, ce problème se résout facilement et toutes les exigences de la pratique se trouvent satisfaites. Chaque paire de clapets entre en fonction pour une demi-période et les demi-ondes qui passent sont redressées dans le circuit d'utilisation, dans un sens toujours le même. Si le courant d'alimentation est triphasé, il faut évidemment disposer trois paires de clapets, et l'on comprend facilement comment il faut modifier le schéma de la disposition; dans ce cas, le courant obtenu est pratiquement presque constant, grâce à la superposition de trois systèmes d'oscillations redressées, déplacés entre eux d'une phase de 60°.

Ces clapets peuvent être employés pour des tensions allant jusqu'à 140 volts. M. Nodon affirme pourtant qu'en assemblant en série plusieurs de ces clapets, on pourrait utiliser les tensions alternées plus élevées, assertion mise en doute par M. Pollak, en raison de la consommation plutôt irrégulière de ces clapets.

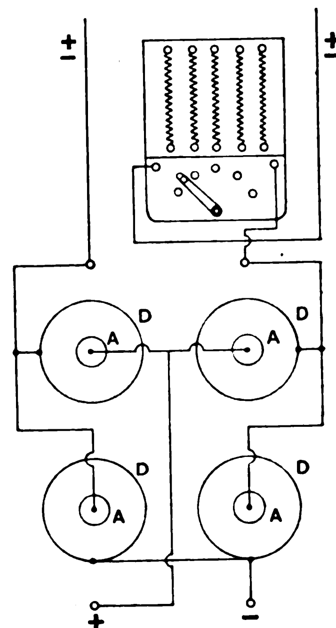


Fig. 2. — *Dispositif de M. Graetz pour la transformation du courant alternatif en courant continu au moyen du clapet électrolytique.*

Le réglage du courant dans les clapets d'une puissance inférieure à 4 kilowatts peut se faire par le moyen de résistances inductives intercalées dans le circuit du courant d'alimentation, ou bien en recouvrant une portion plus ou moins grande du cylindre anodique d'aluminium de manchons isolateurs convenables. Le rendement de ces clapets électrolytiques se maintient presque constant pour toutes les charges; il équivaut en moyenne à 0,75. L'énergie dissipée produit un accroissement de la température, laquelle, dans les expériences de M. Pollak, pouvait atteindre des valeurs extrêmement considérables et même dangereuses pour la conservation de l'élément; dans le dispositif de M. Nodon, dont le manchon métallique extérieur constitue un excellent milieu dispersant, la température n'excède toutefois jamais 50°.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Conférence sur le Maroc au Cercle national et colonial. — Le marquis de Segonzac, le hardi explorateur du Maroc, vient de faire, au Cercle national et colonial, une intéressante conférence sur ce pays, qui préoccupe tous les esprits et dont la *Revue* vient de s'occuper longuement en publiant plusieurs monographies.

Après avoir esquissé la situation intérieure et extérieure du Maroc, M. de Segonzac insiste sur le partage du pays : 1° en Empire Chérifien, qui couvre à peine un tiers du Maroc, qui est le domaine temporel du Sultan et dont il est le souverain théocratique; 2° en pays Berbère, qui représente les deux autres tiers, et où le Sultan n'est plus qu'un chef spirituel, dont les agents sont bien accueillis quand ils se présentent revêtus d'un caractère religieux, mais dont les troupes sont reçues à coups de fusil.

De cette distinction, il résulte que le Sultan ne peut pas être rendu responsable des méfaits des Berbères qui attaquent nos colonnes du Sud oranais, et qu'il désavoue en nous reconnaissant le droit de les poursuivre. Mais ce désaveu contient implicitement la renonciation à tout droit sur le pays Berbère, comme l'indique d'ailleurs son nom : *Bled-es-Siba*, pays du renoncement.

Le conférencier montre le Sultan mal conseillé par une clientèle de fournisseurs et d'aventuriers; ses tendances rénovatrices l'ont, de plus, discrédité dans

l'Empire Chérifien qui est son domaine, tandis que, dans le pays Berbère, un prétendant personnifie actuellement la réaction et essaie d'exploiter une insurrection.

Dans la situation actuelle, notre intérêt, selon M. de Segonzac, est de fermer le Maroc à nos compétiteurs politiques, tout en le laissant ouvert, le plus largement possible, à toute concurrence commerciale. « Nous ne voulons pas conquérir le Maroc, conclut le conférencier, mais nous voulons que le maintien de l'intégrité du Maroc, sous la surveillance de la France, devienne un axiome de politique extérieure. »

§ 7. — Universités et Congrès

La Section des Sciences au Congrès international de Sciences Historiques. — Le 2 avril 1903, s'est ouvert, à Rome, sous les auspices de S. M. le Roi d'Italie, un Congrès International de Sciences Historiques. Les principales Nations et Sociétés Savantes s'y étaient fait représenter par des Délégués.

Le 1er avril, dans une Séance extraordinaire, les Membres du Congrès avaient nommé comme Présidents d'honneur les Ministres de l'Instruction publique et des Affaires étrangères, le Maire de Rome et l'illustre Théodore Mommsen, à Charlottenburg; pour Président le Sénateur P. Villari, cinq Vice-Présidents, pour Secrétaires MM. G. Gorrini et I. Giorgi, quatre Vice-Secrétaires, pour Président des Délégués le Professeur Fredericq, de l'Université de Gand.

Les sujets traités par le Congrès ont été divisés en huit Sections, dont l'une comprenait l'Histoire des Sciences. Cette Section avait été organisée par les Sénateurs P. Blaserna et V. Cerruti, par MM. V. Volterra, de l'Académie Royale des Lincei, P. Giacosa et G. Loria. D'après M. Giacosa, c'est à M. E. Pais, du Musée National de Naples, qu'est due la première idée de fonder cette Section.

Sous la présidence provisoire de M. P. Blaserna, la Section des Sciences a élu comme Vice-Présidents MM. De Galdeano, Giacosa, S. Günther, E. Lebon, Loria, E. Millosevich, Stieda, Volterra, et comme Secrétaires MM. A. Baldacci, L. Carpi, V. Tonni-Bazza, G. Vacca, G. Vailati; elle décida qu'il y aurait un Président différent chaque jour; furent appelés à cette fonction successivement MM. P. Tannery, K. Sudhoff, Raphaël Blanchard, Günther, Volterra, E. Lampe, Benedikt.

A plusieurs reprises, une question d'intérêt général fut agitée, celle de l'enseignement universitaire de l'Histoire des Sciences, qui avait déjà été abordée au Congrès Historique tenu à Paris en 1900; de discussions auxquelles prirent part beaucoup de membres, il est résulté l'adoption du vœu suivant : La Section des Sciences, considérant qu'il est d'une importance exceptionnelle que l'Histoire des Sciences occupe dans l'enseignement la place qui lui est légitimement due; considérant, d'autre part, les délibérations prises par la cinquième section du Congrès d'Histoire comparée réuni à Paris, en juin 1900; émet le vœu : 1° Qu'un semblable enseignement soit institué par la création de cours universitaires divisés en quatre séries : 1° Sciences mathématiques et astronomiques, 2° Sciences physiques et chimiques, 3° Sciences naturelles, 4° Médecine; 2° Que l'enseignement de l'histoire des Mathématiques, de la Médecine, de la Physique, de la Chimie et des Sciences naturelles soit rangé parmi les cours complémentaires; 3° Que l'habilitation au titre de Privat-Docent ou de *libero docente* puisse être concédée aussi pour l'Histoire des sciences conformément aux catégories établies par le paragraphe 1. La Section émet en outre le vœu que des rudiments d'Histoire des sciences soient introduits dans le programme des divers enseignements donnés dans les écoles secondaires.

Après que M. *E. Millosevich*, de Rome, eut exposé que le Canon spécial des Eclipses établi par F. K. Ginzel est très utile aux historiens, parce qu'il permet de trouver les régions d'ombres produites par les éclipses solaires dans le monde habité, depuis l'an 900 av. J.-C. jusqu'à l'an 600 ap. J.-C., la Section a émis le vœu qu'une nouvelle édition de l'Œuvre de Ginzel soit publiée à un prix modique, avec une préface historique.

D'autres vœux, moins généraux, furent approuvés, notamment pour la création, sur la proposition de M. *P. Giacosa*, de Turin, d'un Catalogue des manuscrits et des documents scientifiques existant dans les bibliothèques et les archives du Royaume d'Italie.

Notre compatriote M. *P. Tannery* a fait connaître le résultat de ses recherches sur l'histoire des mots *analyse* et *synthèse*. Le premier sens est celui d'opération; il existait dans l'Arithmétique grecque; il correspond à la formation et à la mise en détail de groupes monétaires. La généralisation a été faite par les grammairiens, qui ont transmis ces mots aux langues modernes. Dans le sens du processus logique, le mot *analyse* correspond primitivement à l'idée de défaire un nœud. Les mathématiciens grecs l'ont emprunté aux logiciens et lui ont opposé le mot *synthèse*. Viète a introduit ces deux mots en Mathématiques et Descartes en Philosophie.

Une histoire complète des travaux sur la numération binaire a été exposée par M. *S. Vacca*, de Turin.

Dans un Mémoire très original, M. *G. Uzielli*, de Florence, a cherché à montrer que la longueur des parties du corps de Jésus-Christ a servi de base aux mesures italiennes pendant le Moyen-Age.

M. *V. Tonni-Bazza*, de Rome, a donné des détails peu connus sur N. Tartaglia, signalé un de ses manuscrits inédits contenant des parties de son livre des nombres et mesures, et annonce que Brescia, la ville où il est né, va lui élever un monument. On doit aussi à M. Tonni-Bazza des renseignements sur les Ecrits de Benoît Castelli.

Bien des particularités peu connues du mathématicien Jean Bolyai ont été exposées par M. *M. Darvai*, de Budapest.

M. *G. Pittarelli*, de Rome, a parlé de la vie du peintre Pierre De La Francesca et de son traité de Perspective pour la peinture. Après avoir montré l'importance de cet ouvrage au point de vue historique, il a rappelé que Léonard de Vinci avait renoncé à écrire un livre sur ce sujet quand il avait appris que P. De La Francesca en composait un.

M. *E. Lampe*, de Berlin, a expliqué la distribution des matières de l'*Annuaire mathématique* qu'il rédige avec l'aide de plusieurs collaborateurs et a exprimé l'espoir que le public continuera à accueillir avec faveur cette utile publication.

M. *F. Müller*, de Steglitz, a présenté un Catalogue contenant des abréviations de titres pour un millier de Périodiques consacrés aux Mathématiques, ou s'en occupant, en montrant l'utilité qu'aurait un tel catalogue plus étendu. A ce sujet M. Raphaël Blanchard, de Paris, a fait remarquer qu'il existe déjà pour l'Histoire Naturelle un Catalogue International contenant les abréviations des titres des Périodiques et même les noms des Auteurs.

Dans le Mémoire sur J. Cardan, envoyé par M. *M. Cantor*, de Heidelberg, se trouve un saisissant tableau de la vie scientifique au XVIe siècle.

M. *S. Günther*, de Munich, a exposé que Regiomontanus s'est à tort attribué l'invention du *Radius Astronomicus*, et il a montré en citant diverses recherches que les Anciens connaissaient le principe de cet instrument.

M. *A. Mori*, de Florence, a lu, sur les manuscrits scientifiques de L. Ximénès, un Mémoire où il fait remarquer que ces écrits, actuellement dans la Bibliothèque de Florence, constituent une mine précieuse pour l'histoire de l'Astronomie, de la Géodésie et de l'Hydraulique.

M. *D. Diamilla-Müller*, de Rome, après avoir rappelé qu'il est bien prouvé que c'est une légende populaire erronée qui attribue à Flavio Gioia l'invention de la

boussole, a demandé que cette légende fût enfin éliminée des livres scolaires.

M. *R. Almagià*, de Rome, après avoir exposé les principales observations faites sur le phénomène des marées, dans l'Antiquité et au Moyen-Age, a montré que les diverses hypothèses émises relativement à la liaison de ce phénomène avec le cours de la Lune proviennent de ce qu'on n'en avait ni mesuré, ni observé l'universalité.

M. *E. Lebon*, de Paris, a exposé le « Plan d'une Bibliographie analytique des Ecrits contemporains sur l'Histoire de l'Astronomie ». — On trouvera des renseignements sur ce travail dans le numéro de mai du *Bulletin de la Société Astronomique de France*; de plus, le Secrétaire Perpétuel G. Darboux a signalé, et M. Paul Appell a présenté ce « Plan » à l'Académie des Sciences, dans la séance du lundi 11 mai.

M. *A. Mori*, de Florence, a demandé l'établissement d'une Bibliographie de toutes les opérations géodésiques faites en Italie.

M. *M. Baratta*, de Voghera, a présenté un travail très étudié sur les anciennes observations sismiques et sur les sismoscopes à pendule, à mercure et dynamiques.

L'histoire remarquable, au double point de vue météorologique et religieux, d'un aérolithe tombé en 1496 a été envoyée par M. *U. Pagani*, de Cosenza.

M. *G. Vailati*, de Côme, a fait ressortir le caractère logique de la démonstration d'Archimède pour le principe du levier.

M. *G. Loria*, de Gênes, a développé les raisons, d'un universel intérêt, en faveur de la publication des Œuvres de E. Torricelli, et présenté le vœu, qui fut approuvé, que S. M. le Roi d'Italie confiât à l'Académie Royale des Lincei le soin de déterminer quels sont les écrits de E. Torricelli dignes d'être imprimés.

M. *C. Somigliana*, de Pavie, a rappelé le vote du premier Congrès international des Electriciens en faveur de la publication des Œuvres de A. Volta et demandé qu'un vœu fût de nouveau émis à ce sujet. Un vote eut lieu en faveur de cette proposition, après cette déclaration de M. V. Cerruti, que l'Académie des Lincei appuierait ce vœu.

M. *I. Guareschi*, de Turin, a reconnu, au moyen de documents sérieux, la fausseté des assertions de ceux qui ont accusé Lavoisier de s'être approprié les résultats des travaux scientifiques d'autrui. De sa discussion, il a tiré les conclusions suivantes : L'accusation de plagiat portée contre Lavoisier par quelques historiens de la Chimie est dénuée de fondement. Le premier, Lord Brougham, en 1845, a formulé cette accusation ; il a été suivi par quelques chimistes anglais. M. Guareschi a montré à ce sujet que les plus illustres chimistes Anglais, Allemands et Italiens, contemporains de Lavoisier et traducteurs de ses œuvres, n'ont jamais mis en doute son honnêteté scientifique ; que les rapports entre Lavoisier, Black et Priestley ont toujours eu pour base l'estime et l'admiration réciproques. M. Raphaël Blanchard, en sa qualité de Français, a exprimé sa satisfaction qu'un Italien ait si nettement dissipé les accusations sans fondement dirigées contre Lavoisier, et manifesté l'espoir que le travail de M. I. Guareschi serait imprimé et donné aux membres du Congrès.

M. *A. Baldacci*, de Bologne, a présenté un gros herbier in-folio, relié, bien conservé, qu'il a démontré avoir été formé en Italie au XVIe siècle.

M. *E. Celani*, de Rome, a produit aussi un herbier du XVIe siècle, conservé dans la Bibliothèque Angelica, à Rome ; c'est le plus ancien et le plus important herbier que l'on connaisse. Selon lui, Luca Ghini est le premier auteur connu pour avoir indiqué le moyen de dessécher les plantes et de les conserver en herbiers.

M. *R. Pirotta*, de Rome, après avoir développé des considérations intéressantes sur l'histoire de la Botanique à Rome, a présenté à la Section les deux premiers fascicules de la *Flore Romaine*, publiée par lui-même et par M. *E. Chiovenda*.

M. *L. Camerano*, de Turin, a montré que les théories de Lamarck sur l'évolution ont été exposées en Italie dès le début du XIXe siècle, notamment à l'Université de Bologne par F. A. Bonelli, qui a laissé des manuscrits à ce sujet.

M. *V. Pensuti*, de Rome, a lu quelques particularités curieuses de l'Histoire de la Médecine et de l'hospitalité avant l'an 1000.

M. *D. Barduzzi*, de Sienne, a prouvé, avec des documents recueillis par lui et par d'autres, que l'Université de Sienne a une origine antérieure à 1246 ; en outre, il a parlé des travaux originaux de P. A. Mattioli et établi qu'il mérite une place dans l'Histoire de la Médecine.

M. *K. Sudhoff*, de Hochdahl, a montré que les Ecrits de Paracelse sont les premiers de la renaissance des Sciences naturelles.

M. *O. Mattirolo*, de Turin, a relevé l'importance, pour l'Histoire de la Botanique, des Lettres écrites par U. Aldrovandi à François Ier et à Ferdinand II.

M. *V. Torkomian*, de Constantinople, a fait présenter un important travail sur les anciens médecins arméniens qui obtinrent leurs diplômes dans les Universités d'Italie.

M. *Raphaël Blanchard*, de Paris, a exposé l'état actuel des études de l'Histoire de la Médecine en France, et, à ce sujet, il a présenté un grand nombre d'intéressants jetons frappés pour les Doyens de l'ancienne Faculté de Médecine de Paris.

Après avoir suivi le développement de toutes ces intéressantes et utiles Communications, la Section des Sciences a formulé le vœu que les Mémoires fussent publiés intégralement dans les Comptes Rendus du Congrès.

Ernest Lebon,
Délégué au Congrès par le Ministre de l'Instruction publique.

Personnel universitaire. — M. Lagrula, docteur ès sciences, préparateur d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Lyon, est chargé, en outre, d'un cours complémentaire d'Astronomie.

M. Delassus, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de Grenoble, est chargé d'un cours de Calcul différentiel et intégral à la Faculté des Sciences de Besançon.

M. Bézy, docteur en médecine, est nommé professeur de Clinique des maladies des enfants à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse.

M. Marie, docteur en médecine et docteur ès sciences, est nommé professeur de Physique à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse.

M. Arthus, docteur ès sciences physiques, docteur ès sciences naturelles, docteur en médecine, est chargé d'un cours de Matière médicale à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie de Marseille.

M. Levasseur, membre de l'Académie des Sciences morales et politiques, professeur d'Histoire des doctrines économiques au Collège de France, est nommé Administrateur de cet Etablissement, en remplacement de M. Gaston Paris, décédé.

M. le docteur Charrin, agrégé de la Faculté de Médecine de Paris, directeur du Laboratoire de Médecine expérimentale annexé à la Chaire de Médecine du Collège de France, est nommé professeur de la Chaire de Pathologie générale et comparée qui vient d'être instituée audit Etablissement.

M. Thévenin, préparateur de la Chaire de Paléontologie au Muséum d'Histoire naturelle, est nommé assistant de ladite Chaire.

LE MAROC
ET LES PUISSANCES EUROPÉENNES

Les articles de nos distingués collaborateurs MM. J. Machat, Augustin Bernard, Ed. Doutté et F. Weisgerber sur le Maroc[1] ont montré combien cette partie de l'Afrique du Nord mérite de fixer l'attention.

Le Maroc n'est pas seulement intéressant en lui-même : en raison de sa situation géographique, il constitue, à l'heure actuelle, l'objet dominant des préoccupations des diplomates, et l'on peut dire, sans exagérer, que la « Question marocaine », en quelque sorte réservée pendant longtemps, est entrée depuis peu dans une phase nouvelle. Peut-être ne sera-t-il pas inutile, maintenant que le lecteur est instruit de la géographie du pays et de son organisation, de lui soumettre un exposé sommaire de l'état des relations du Maroc avec les Puissances étrangères.

I

Admirablement défendu contre la pénétration européenne par les massifs montagneux du Riff et de l'Atlas, par les régions désertiques du Sahara et par ses côtes inhospitalières, en même temps que par le fanatisme religieux et l'humeur belliqueuse de ses habitants, le Maroc est resté presque jusqu'à nos jours dans l'isolement le plus complet.

S'il a, dans quelques occasions, pris contact avec les Européens, ce fut pour les combattre soit d'une façon défensive lorsqu'ils venaient porter la guerre sur son sol ou bombarder ses ports, soit d'une façon offensive lorsque ses pirates capturaient leurs vaisseaux.

Plus tard, Marocains et chrétiens en arrivèrent à garder, vis-à-vis les uns des autres, une attitude toujours hostile, mais en cherchant à éviter les occasions de conflit. Enfin, l'appât du gain ou l'esprit d'aventure conduisit quelques rares Européens à visiter les villes maritimes du Maroc et à tenter d'y établir avec les indigènes des relations pacifiques fondées sur l'intérêt commun. A mesure que progressait l'industrie dans les pays chrétiens, elle diminuait, en effet, chez les Maures, et ceux-ci en arrivèrent peu à peu à avoir besoin des produits de l'activité européenne. Un certain courant commercial naquit. C'est ainsi que se fondèrent des comptoirs dans les principales villes du littoral, comptoirs appartenant à des citoyens de diverses nationalités, et qui bientôt se multiplièrent au point de nécessiter l'augmentation du nombre des agents consulaires. Il se passa dès lors au Maroc ce qui arrive généralement dans les pays où les indigènes et leurs gouvernants se font de la liberté et de la sécurité des personnes une conception très opposée à la nôtre : dès que des difficultés d'ordre commercial surgissent, les négociants sont contraints de réclamer l'appui de leur patrie en la personne de ses représentants. Au Maroc, ces représentants ont dû se borner à résider sur le littoral, et les chefs des légations eux-mêmes ne se sont jamais trouvés d'une manière permanente en relation avec le Gouvernement marocain. Ils habitent aujourd'hui encore à Tanger, et ce n'est qu'au prix d'un long et pénible voyage qu'ils réussissent à entrer en pourparlers directs avec Sa Majesté Chérifienne.

Pourtant, à mesure que le commerce se développait, les relations avec les indigènes exigeaient de plus en plus fréquemment l'intervention des chancelleries, de sorte que celles-ci furent tout naturellement amenées à porter leur attention sur les résultats politiques que visent et obtiennent parfois les agents diplomatiques alors que leur entremise s'exerce sous le couvert de la défense d'intérêts commerciaux. L'intervention d'un agent causait à ses confrères étrangers de continuelles anxiétés. Si bien qu'aujourd'hui, chaque fois que les circonstances conduisent une nation à exercer une pression sur le Makhzen, les autres, par crainte des conséquences possibles, s'emploient à la rendre inefficace.

Nous sommes à une époque où toutes les nations sont en concurrence commerciale. Leur rivalité sous ce rapport s'explique particulièrement en ce qui concerne le Maroc : son climat est salubre; ses campagnes, fertiles; très peuplé et incapable de suffire à ses propres besoins, il offre dès à présent aux pays producteurs d'excellents débouchés; il en offrirait de bien plus considérables si des améliorations étaient introduites dans le régime auquel il est soumis; c'est bien tentant pour les Puissances colonisatrices de s'offrir à pratiquer ces améliorations, que le Gouvernement chérifien, même le voulant, serait incapable de réaliser; sa faiblesse est, par ailleurs, peu faite pour modérer les convoitises des peuples étrangers.

Les uns et les autres ont essayé, à diverses reprises, de se faire au Maroc la meilleure place. Qu'il s'agisse d'intérêts commerciaux ou d'avantages d'une autre nature, on peut dire que la lutte

[1] Voyez les numéros de la *Revue* depuis le 15 janvier 1903.

a été continuelle. Tout succès, réel ou apparent, obtenu par l'un d'eux soit à force d'insistance, soit, plus rarement, par un acte spontané du Sultan, était immédiatement exploité par les autres, qui en réclamaient l'équivalent, afin que fût rétabli à leur profit un équilibre qu'ils prétendaient rompu.

Pour s'être laissé aller à demander des officiers français comme instructeurs, principalement pour son artillerie, le Sultan Mouley Hassan se vit obligé d'accepter qu'un Anglais fût mis à la tête d'une partie de son infanterie : il dut aussi entretenir un certain nombre d'officiers espagnols, tandis qu'un ingénieur allemand entreprenait à Rabat la construction d'un fort interminable; cet ingénieur, arrivé au Maroc il y a quinze ans, s'y trouve encore. Afin de n'être pas en reste, les Italiens convainquirent le Chérif de la nécessité d'établir à Fez, sous leur direction, une fabrique d'armes, qui coûta fort cher et ne produisit à peu près rien ; ils construisirent aussi pour le Gouvernement marocain un navire de guerre dont il avait si peu besoin que, peu de mois après l'avoir payé, il le revendit à bas prix.

La religion même est devenue l'objet d'un monopole, puisque les Espagnols ont seuls le droit d'introduire au Maroc des ministres du culte catholique et se montrent, à l'occasion, fort jaloux de cette prérogative. Il est vrai que les Anglais ne se gênent pas pour envoyer au Maroc de nombreux missionnaires protestants, hommes et femmes, mais c'est en prenant la précaution de les déclarer savants dans l'art de la médecine...

Par tous les moyens, les grandes Puissances de l'Europe occidentale ont cherché à entamer le bloc marocain, et les imaginations les plus fertiles se sont épuisées à vouloir trouver des solutions ; maints projets, en apparence ingénieux, durent être abandonnés au nom du principe de l'équilibre entre les nations rivales. Le « système des compensations » était si bien entré dans les habitudes que le Gouvernement marocain n'osait plus donner commande d'une fourniture, même peu importante, sans réserver en même temps d'autres commandes aux divers concurrents. Ainsi la plupart des agents diplomatiques furent-ils conduits à discuter eux-mêmes les conditions des marchés que le Makhzen désirait passer avec les négociants.

Le résultat le plus remarquable de cette politique de compétitions fut que, chaque effort se heurtant à un effort égal et contraire, le Maroc est demeuré immobile. Découragé par les mauvaises conséquences de ses rares velléités de progrès, il ne sortit plus de la léthargie si conforme aux traditions des peuples musulmans. On n'y a rien fait comme travaux publics ; l'ancienne législation subsiste : l'exportation est entravée, les Européens ne peuvent acquérir de domaines, etc.

Bref, au Maroc, les intérêts commerciaux n'ont pu surmonter ni tourner les obstacles dont ils arrivent généralement à se débarrasser après plus ou moins d'efforts dans les autres pays. C'est que ces intérêts ne sont pas seuls en jeu : si importants qu'ils soient, ils passent, peut-on dire, au second plan en face des intérêts d'ordre politique qui s'agitent autour du Maroc et qui préoccupent les chancelleries au point que le moindre événement relatif à cette partie du Nord africain y prend des proportions démesurées. Durant de longues années, les chancelleries se sont ralliées au principe de l'inaction, au moins sur les points essentiels; c'est ce qu'on a appelé le dogme du *statu quo* marocain. Mais le *statu quo* politique étant corrélatif du *statu quo* commercial, lequel ne saurait durer éternellement, la situation actuelle apparaît comme très instable. Il se peut cependant que les convoitises du dehors entretiennent quelque temps encore ce faux équilibre.

II

On a tant de fois célébré l'habileté des Anglais, qui, sur les principales routes du commerce maritime, ont su ménager à leur flotte des points de ravitaillement et des bases d'opération admirablement défendues, qu'il est superflu d'insister sur l'importance que le Royaume-Uni ne peut manquer d'attacher à sa forteresse de Gibraltar, ce rocher pour l'aménagement duquel il a prodigué des centaines de millions. Or, Gibraltar serait certes très amoindri le jour où une Puissance possédant de fortes escadres établirait une base navale sur la côte africaine du détroit. On comprend facilement que cette perspective ne serait pas pour plaire aux Anglais. Puisqu'ils sont à Gibraltar, il est naturel que, sauf dans le cas d'une compensation, ils s'attachent à ne pas laisser diminuer la valeur d'un tel avantage. Est-ce à dire qu'ils peuvent espérer s'installer eux-mêmes en face de leur précieuse citadelle? Mais alors, maîtres de la mer Rouge avec Aden et Suez, maîtres de Port-Saïd, d'Alexandrie, de Chypre, de Malte, maîtres de Gibraltar et d'un port marocain sur le détroit, ils seraient les dominateurs de la Méditerranée, de cette Méditerranée que tant de nations ont intérêt à voir libre! Ce serait pure folie de le leur permettre. Le détroit de Gibraltar est l'une des routes les plus fréquentées du commerce maritime, et aucune Puissance ne peut se désintéresser de l'avenir de la côte sud de ce détroit.

Non seulement les nations qui, comme l'Espagne, la France, l'Italie, ont des ports sur les rivages de la Méditerranée, mais encore la Russie et l'Allemagne, dont les bâtiments de guerre et de commerce franchissent fréquemment les colonnes d'Hercule,

auraient le devoir de s'unir pour repousser toute tentative de fermer à deux battants les portes de la Méditerranée. Voilà un premier argument en faveur du *statu quo*.

Laissant maintenant de côté la « question du détroit » proprement dite, considérons à d'autres points de vue l'importance du Maroc :

Nous serons d'abord conduit à éliminer l'hypothèse d'une convoitise de la Russie, car, si cette nation s'intéresse au Maroc, — et elle l'a prouvé, — c'est d'une façon indirecte;

Peut-être conviendrait-il d'écarter aussi l'Italie, qui, après avoir travaillé, non sans succès, à jouer un rôle au Maroc, paraît avoir tourné ses ambitions et son activité vers des régions moins éloignées d'elle;

L'Allemagne n'a point d'intérêt à s'engager à fond dans les affaires marocaines, car, dans le cas où le *statu quo* politique viendrait à disparaître, on ne voit pas bien quels arguments seraient les siens pour réclamer la prépondérance politique dans ces régions. Elle verrait, il est vrai, avec satisfaction s'y établir la liberté du commerce, liberté qui, sans aucun doute, lui permettrait de grossir considérablement le chiffre de ses échanges avec le Nord-Ouest de l'Afrique ; mais, si ce résultat ne pouvait se produire sans ruiner du même coup l'indépendance politique du pays, elle craindrait peut-être de n'avoir rien à gagner à un tel changement ; il est donc difficile de croire qu'elle soit opposée au maintien du *statu quo*.

L'Angleterre possède au Maroc de gros intérêts commerciaux et peut légitimement désirer qu'ils augmentent encore ; mais, s'il est équitable de reconnaître que, sur le terrain politique, elle ne peut se désintéresser de l'avenir réservé à la partie du Maroc qui borde le détroit, nous n'avons aucune raison de penser qu'elle ait la prétention, et nous devons absolument lui dénier le droit de diriger les destinées de cet Empire. Il faut, d'ailleurs, avoir soin de remarquer que, dans la question même du détroit, l'Espagne a toutes sortes de raisons de se trouver directement en cause; aussi la presse anglaise déclare-t-elle que le Royaume-Uni aurait politiquement à regretter la disparition du *statu quo* marocain.

Quoi qu'il en soit, on contestera difficilement que deux nations, l'Espagne et la France, sont particulièrement intéressées à surveiller ce qui se passe au Maroc. La première a, depuis la destruction du Royaume de Grenade, toujours regardé les Maures comme ses ennemis naturels et elle a tenté, à diverses reprises, de les combattre sur le sol d'Afrique. Elle occupe même quelques points du Maroc, assez peu importants d'ailleurs, les *Presidios*, qu'elle s'est habituée à considérer comme les jalons d'une conquête attendue. Bien que ses expéditions antérieures n'aient pas eu des résultats avantageux, elle continue à tenir les yeux fixés vers l'Afrique. De quel autre côté pourrait-elle, après l'effondrement de son empire colonial, rêver une expansion que nourrit forcément tout peuple doué de vitalité? Comment supposer qu'elle ne cherchera pas à s'étendre dans les régions qu'on aperçoit de son littoral et où ses troupes ont déjà combattu souvent?

A noter que l'Espagne serait appelée à profiter plus que toute autre nation d'une amélioration politique et économique du Maroc, avec lequel ses relations, actuellement peu développées, si l'on songe au voisinage, pourraient acquérir une grande importance par l'émigration des Espagnols et une modification des lois qui régissent le commerce.

Il n'est donc pas illogique de dire que l'Espagne est appelée à jouer un rôle lorsque sera venu le moment de régler les destinées du Maroc. Cependant on ne doit pas oublier que les Marocains, chassés de la péninsule ibérique, éprouvent à l'égard de ceux qui ont autrefois subi leur joug une antipathie particulièrement prononcée. Des conflits entre Maures et Espagnols, sous l'influence de passions ataviques, ravivées par un nouveau contact, pourraient compromettre l'avenir du pays, conduire l'Espagne à s'imposer des efforts longs, coûteux et épuisants, et surexciter la passion religieuse dans toute l'Afrique du Nord.

Jusqu'à présent, l'Espagne a été obligée de se rendre à l'évidence et de constater que l'heure d'agir sérieusement n'est pas encore venue. Un moment, les événements lui permirent de mettre garnison à Tétouan; l'occupation, conséquence de sa victoire, fut courte : l'Angleterre s'opposa à une conquête de territoire et parut faire une grande concession en tolérant la présence des soldats espagnols à Tétouan jusqu'au règlement des troupes marocaines. L'Espagne a donc été amenée à accepter, comme un avantage pour elle, le *statu quo* marocain.

Mais, un autre grand intérêt est en jeu : c'est celui de la France, — intérêt rendu plus saisissant encore par de tout récents événements. C'est que le Maroc est contigu à l'Algérie. Il se trouve, par toutes ses frontières terrestres, mal définies d'ailleurs, en contact avec des régions que nous administrons. Les tribus de ces régions ont constamment à souffrir du voisinage avec un pays où le Gouvernement central est impuissant à maintenir l'ordre. Malgré l'occupation des Oasis sahariennes, — occupation que, dès 1862, l'explorateur allemand Rholf proclamait indispensable à la sécurité de l'Algérie, — il ne se passe, pour ainsi dire, pas de semaine où les plus graves sujets de plaintes ne

nous soient donnés par nos turbulents voisins. Cette situation absolument intolérable, que viennent de souligner les attentats de Figuig, est due surtout à l'anarchie qui règne dans les provinces *intercalées* entre l'Empire du Maroc et l'Algérie. Ne reconnaissant aucun chef en dehors de leurs Ksours, les gens de ces oasis vivent, chaque fois qu'ils le peuvent, de pillages exercés sur notre sol; dès qu'ils se croient en force, ils dévalent sur nos postes pour les massacrer. Cependant l'autorité militaire française, qui avait le devoir de les connaître, a commis la faute lourde d'exposer à leurs attaques le Gouverneur général de l'Algérie. Infliger à ces agresseurs la destruction de leurs murailles, puis évacuer leur territoire pour les laisser ensuite rallumer la guerre contre nous, constituerait, croyons-nous, un acte de démence. Il est inadmissible que, par 40° C., nous mobilisions contre eux un important détachement de troupes, pour leur permettre de s'organiser ensuite contre nous et de lever leurs étendards contre notre drapeau.

Le Gouvernement chérifien le comprend si bien qu'il nous verrait avec plaisir prendre charge de pacifier cette région, qui échappe, en grande partie, à sa domination et pourrait être, très avantageusement pour lui, soumise à la nôtre. Notre intervention durable dans ces oasis serait d'autant plus légitime qu'elle s'exercerait sur un territoire extérieur à celui au sujet duquel les Puissances entretiennent des relations avec le Sultan. Aucune confusion entre ces contrées et celle que gouverne réellement l'Empereur du Maroc ne peut être faite par les chancelleries, et pas une d'elles ne saurait de bonne foi se prévaloir de l'ignorance qu'a tout récemment manifestée sur la question marocaine un homme politique français.

Considérée du point de vue des Algériens, la question marocaine peut donc se résumer de la façon suivante : « Puisque S. M. Chérifienne n'est pas capable de nous faire respecter par nos voisins des Ksours, faisons-nous respecter nous-mêmes, ainsi que les traités en vigueur nous en reconnaissent formellement le droit. »

Mais le point de vue des Algériens n'est pas le seul : la question marocaine est pour la France une question capitale, et rien ne doit avoir, aux yeux des citoyens éclairés de ce pays, assez d'importance pour les détourner de suivre avec la plus grande attention les événements du Maroc.

Si une influence hostile à la nôtre venait à s'y développer, les plus graves embarras pourraient nous être suscités dans ces provinces d'Afrique qui sont devenues, au prix de sacrifices répétés, partie intégrante de notre territoire national, et notre situation prépondérante dans la Méditerranée occidentale serait fatalement compromise. Qui pourrait mesurer l'amoindrissement de notre patrie le jour où semblable éventualité viendrait à se réaliser!

Comment pourrait-on, de bonne foi, s'étonner que nous ayons saisi toutes les occasions de proclamer que la France désire le maintien de l'intégrité du Maroc, à la condition expresse que l'indépendance de ce pays soit d'*une façon effective* respectée par tout le monde?

Notre désir de voir le *statu quo* politique maintenu serait allé jusqu'à entraver le développement de notre propre commerce si nous n'avions constaté que notre exemple n'avait aucune chance d'être suivi en ces matières. En tous cas, il est un fait incontestable : c'est que nous avons, en diverses circonstances, volontairement négligé de susciter ou de faire grandir au Maroc les sympathies de chefs indigènes puissants, et cela par crainte de porter atteinte au dogme du *statu quo*. Ces considérations font comprendre que les statistiques n'accusent presque aucun progrès dans nos relations commerciales avec le Maroc; le régime des compensations n'est pas fait pour inciter les Marocains à progresser; et, comme ils sont par goût rebelles aux innovations en même temps que désireux de conserver leur indépendance, ils se rangent de bonne grâce aux procédés des diplomates qui favorisent leurs secrets désirs.

Ainsi est-on arrivé à cette solution, au premier abord si étrange, que les Gouvernements les plus civilisés se sont entendus dans la pratique pour maintenir tout un peuple dans l'ignorance, la routine et une demi-barbarie.

III

Nous venons de voir sous quel angle les diverses Puissances regardent la question marocaine, et nous avons constaté qu'elles sont arrivées, sinon à s'entendre, du moins à ne pas se combattre sur un point : le maintien du *statu quo*. Comme, d'autre part, le Maroc a su s'accommoder de cette façon de faire, on est en droit de se demander pourquoi les choses ne continueraient pas à aller de la sorte.

D'abord, il y a à cela un obstacle : c'est qu'il est extrêmement difficile, malgré l'entente diplomatique, d'empêcher une évolution, si lente et si insensible qu'elle soit, de se produire dans le sens des intérêts de telle ou telle nation.

En dehors de cette difficulté, inhérente au système de toute immobilisation, une autre a surgi soudain, qu'on n'aurait jamais eu l'idée de prévoir : le Maroc, jusqu'ici le plus ferme et le plus sincère partisan de la stagnation politique et sociale, en est devenu l'ennemi dans la personne de son souverain. Le Sultan a rompu avec les coutumes de sa

race et de sa religion, avec la politique séculaire de son pays, avec les idées de son entourage : il manifeste le goût le plus vif pour la nouveauté et le progrès. L'apparition de ce personnage était si inattendue, elle peut avoir de si graves conséquences qu'il ne paraîtra pas inutile de dire dans quelles circonstances elle s'est produite.

Lorsque Mouley Hassan mourut, il y a huit ans, au cours d'une expédition, sa mort fut tenue secrète durant plusieurs jours par son chambellan intime, qui s'arrangea de façon à faire proclamer Sultan l'un des jeunes fils du défunt : Mouley Abdul Aziz, âgé seulement de quatorze ans, — et se réserva les fonctions de grand vizir. En réalité, c'est lui qui gouverna, faisant garder à vue, dans un bâtiment du palais chérifien, le frère aîné du nouveau souverain et ne laissant, hors de sa présence, personne approcher Mouley Abdul Aziz. Autoritaire, cruel et rapace, le tout-puissant vizir avait la haine des Européens et était détesté des indigènes.

Lorsqu'il mourut, après avoir été, pendant six ans, le véritable maître du Maroc, le pouvoir se trouva entre les mains d'un jeune homme inexpérimenté et qui n'avait même point reçu l'instruction donnée aux enfants des riches familles marocaines. Fils d'une Circassienne, favorite de Mouley Hassan, il n'était, ni par goût, ni par éducation, porté au fanatisme religieux ; il témoigna très vite, au contraire, une grande curiosité pour les choses d'Europe. Ses penchants furent exploités par un familier du palais, homme de confiance du grand vizir défunt, qui résolut de les mettre au service de son ambition personnelle. Peu aimé, en raison de son humble origine, par les gens de l'entourage du maître, il sut cependant devenir son confident et se rendre indispensable. Pour tenir toujours en éveil la curiosité du jeune souverain, il fit venir d'Europe les objets les plus variés par l'intermédiaire d'un Anglais nommé Mac Lean, qui vivait au Makhzen depuis 1877. Celui-ci appela successivement près de lui plusieurs de ses compatriotes, lesquels restèrent au Maroc et formèrent pour le Sultan une véritable maison civile et militaire.

C'est dans la société de ces étrangers que se plaît le chef religieux des Marocains, et son plus grand délassement est de jouer au tennis ou au billard avec le correspondant du *Times*, dont il a fait son ami et son conseiller. D'abord amusé par tout ce qu'on lui apprenait et ce qu'on lui montrait, le Sultan s'est épris de tout ce que représentent à son imagination les progrès de l'industrie et veut tenter sur son pays les réformes dont on l'entretient. S'il ne tenait qu'à lui et aux Anglais de son entourage, des bouleversements graves auraient lieu déjà, dont le premier résultat serait le triomphe de la prépondérance britannique.

Après avoir surmonté la résistance que ses ministres ont tenté de lui opposer, le Sultan se trouve maintenant en face de la révolte ouverte de plusieurs tribus puissantes de son Empire. Les répugnances des indigènes, les représentations fermes et motivées de certaines Puissances arriveront peut-être à enrayer pour un temps le mouvement commencé, car on ne va pas si vite, et l'action de quelques individualités, si énergiques et favorisées qu'on les suppose, ne suffit pas à régler d'aussi graves problèmes. Il n'en est pas moins vrai que la question marocaine s'est orientée rapidement dans un sens précis, à la grande surprise des diplomates, et que le résultat paraît jusqu'ici amener le développement de l'influence anglaise.

Le Sultan du Maroc réussira-t-il, comme celui de Constantinople, à conserver une indépendance chancelante tout en introduisant dans son pays les inventions des Européens, ou bien va-t-il s'engager dans la voie que suivit jadis le Khédive Ismaïl, et verrons-nous créer aux flancs de l'Algérie une nouvelle Egypte ?

Comment serait-il possible que la France se désintéressât du Maroc en de tels moments !

Il ne nous appartient pas d'indiquer la solution qui ménagerait les intérêts, aussi légitimes que complexes et, en apparence, incompatibles, dont nous avons parlé ; mais nous souhaitons que toute complication soit évitée, et, en définitive, il est possible, sinon facile de le faire. Ce n'est pas parce que le Sultan s'entoure d'Anglais et apprend l'anglais que la situation géographique du Maroc est changée ; or, cette situation, nous l'avons vue intéresser à bon droit, — la question du détroit mise à part, — deux nations surtout : l'Espagne et la France.

Quant au détroit, on n'aurait pas à chercher très loin le moyen de ne rien changer à l'état de choses existant : Tanger est une ville plus internationale que marocaine, et l'on pourrait étendre à la zone qui l'avoisine l'organisation dont elle jouit.

Il semblerait juste, si des arrangements avaient lieu, de faire en sorte que, sur le terrain commercial, la situation des autres pays ne fût pas empirée et qu'ils eussent, au contraire, comme perspective, de voir leurs chances de négoce augmenter avec un Maroc bien administré.

Nous ne saurions terminer cette rapide revue de l'état actuel des choses au Maroc, sans exprimer le vœu que les Français, en restant, comme ils l'ont toujours été, respectueux des aspirations des autres nations, soient fermement décidés à ne pas laisser se dénouer à leur détriment une affaire dont la solution, si elle nous était défavorable, pèserait néfastement sur l'avenir de notre pays.

La Revue.

L'OBTENTION ET LA MESURE DES TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

Les expériences habituelles ne s'étendant pas au delà des températures qui peuvent être promptement mesurées sur l'échelle d'un thermomètre minimal, il n'est pas étonnant que l'on ait éprouvé quelque difficulté à apprécier la signification du fait que la température de l'hydrogène liquide est de 252°5 au-dessous du zéro de l'échelle centigrade. Je voudrais essayer ici : d'abord, de montrer comment on mesure la température de la glace, de l'air liquide et de l'hydrogène liquide sur l'échelle du thermomètre à hydrogène; ensuite, d'indiquer le procédé que j'ai employé pour liquéfier l'hydrogène.

I

Le thermomètre représenté par la figure 1 est du même type que celui que, le Dr Jacquerod et moi, nous avons décrit l'année dernière dans les *Philosophical Transactions of the Royal Society*. L'hydrogène remplit la boule A, le tube B et le petit espace C. Le mercure est toujours amené en contact, à l'intérieur de C, avec une petite pointe de verre sur laquelle on fait la lecture; la pression du gaz est mesurée en prenant la hauteur verticale, au-dessus du niveau C, du mercure remplissant le tube D, dans la partie supérieure duquel règne le vide barométrique.

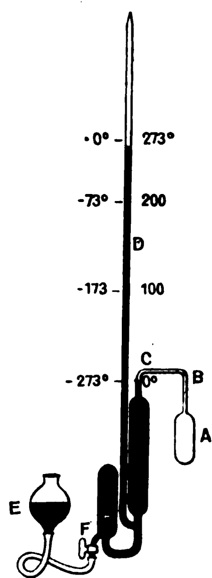


Fig. 1. — *Thermomètre à gaz de MM. Travers et Jacquerod.* — A, boule du thermomètre; B, tube; C, espace avec pointe; D, tube barométrique; E, réservoir à mercure; F, robinet.

Si l'on maintient un gaz à un volume constant et que sa température soit modifiée, la pression augmente ou diminue de 1/273 de la pression supportée par le gaz à 0° C. pour chaque degré dont on l'échauffe ou on le refroidit. Par conséquent, si la pression à 0° C. est de 273 unités, elle sera de 373 unités au point d'ébullition de l'eau, et de 20,5 unités au point d'ébullition de l'hydrogène. Alors la pression sera numériquement égale à la température prise à l'échelle du gaz, que, pour des raisons que j'indiquerai plus loin, je ne considère pas comme l'échelle absolue. En soustrayant 273 de la température sur l'échelle du gaz, on obtient la valeur de la température correspondante sur l'échelle du thermomètre centigrade. En graduant le thermomètre, j'ai supposé que le volume de l'espace C, qui reste à la température de l'air, est négligeable, de même que la correction pour la contraction du tube de verre. Si l'on fait des mesures très précises, on doit prendre en considération ces deux facteurs.

Supposons maintenant que le mercure soit amené en contact avec la pointe en C avant de prendre une mesure, afin de maintenir le gaz à volume constant. Le niveau de la pointe est marqué 0 sur l'échelle du gaz et — 273° sur l'échelle centigrade, comme si, à cette température hypothétique, le gaz n'exerçait aucune pression. Le niveau auquel le mercure s'arrête quand la boule A est plongée dans la glace est marqué 273° sur l'échelle du gaz et 0° sur l'échelle centigrade; la série intermédiaire de températures est divisée en 273 degrés.

Pour mesurer la température de l'air liquide, on place un récipient à vide, contenant le liquide, sous la boule du thermomètre, et on l'élève lentement jusqu'à ce que cette dernière soit complètement immergée. Avant cette opération et afin d'empêcher le mercure de pénétrer dans la boule, on enlève une petite quantité de mercure de l'appareil en abaissant le réservoir E et en ouvrant le robinet F. Lorsque la boule est complètement refroidie, on amène de nouveau le mercure en contact avec la pointe.

La pression sur le gaz dans le thermomètre, lorsque la boule était immergée dans la glace, était de 273 unités; elle est maintenant d'environ 90 unités, les températures de la glace et de l'air liquide correspondant à 273° et à 90° respectivement sur l'échelle du gaz. La température de l'air liquide est toutefois variable, puisque l'oxygène bout à 90°1 et l'azote à 77°5 sur l'échelle à hydrogène; par conséquent, l'azote s'évapore plus rapidement. Si l'on fait bouillir l'air liquide dans le vide, la température tombe au-dessous de — 200° C. ou à environ 70° sur l'échelle du gaz.

En prenant les mêmes précautions que celles qui ont été observées en abaissant la boule du thermomètre de la température de la chambre à celle de l'air liquide, remplaçons le récipient à vide contenant l'air liquide par un autre contenant de l'hydrogène liquide. Lorsqu'on amène le mercure dans

l'espace C jusqu'à la pointe, le mercure dans le tube barométrique s'arrête à une hauteur d'un peu plus de 20 unités. La température de l'hydrogène liquide sur l'échelle de l'hydrogène à volume constant est de 20°5, ce qui correspond à — 252°5 C. Il est à peine nécessaire de faire remarquer que, comme la pression sur l'hydrogène dans la boule du thermomètre est très basse, le gaz n'a pas de tendance à se condenser.

Pendant toutes les expériences faites avec l'hydrogène liquide, il est nécessaire de fermer avec de la laine l'ouverture du récipient à vide qui le renferme, sinon l'air entrerait, se condenserait pour former une pluie de neige, et le liquide s'évaporerait. Il est sage de placer le récipient qui contient l'hydrogène dans un second récipient plus grand, qui contient de l'air liquide; ainsi l'évaporation aura lieu beaucoup plus lentement. Il est intéressant de noter que, lorsque la vapeur froide, s'échappant d'un récipient à vide qui renferme de l'hydrogène liquide, s'élève, son trajet est marqué par une fine traînée de brouillard, qui provient de la condensation de l'air environnant.

Fig. 2. — *Appareil pour brûler l'hydrogène liquide.*

Enlevons maintenant le récipient à vide qui entoure la boule du thermomètre; cette dernière se couvrira de suite d'une couche d'air solide, qui ressemble à un brouillard blanchâtre; il fond rapidement et le liquide, tombant de la boule en gouttes, s'évapore instantanément.

Laissant de côté pour quelques instants la question du thermomètre, indiquons quelques expériences qui illustrent les propriétés de l'hydrogène liquide. Au moyen d'un appareil simple (fig. 2), le liquide peut être brûlé d'une façon sûre. Un petit vase en verre est immergé dans un récipient contenant de l'hydrogène liquide; on le retire, rempli de liquide, et on le suspend à un fil en spirale. Si l'on approche une lumière, l'hydrogène prend feu et la flamme rougit à blanc la spirale de platine dans le manchon du vase. Pendant ce temps, l'air solide se condense au fond du vase.

Fig. 3. — *Dispositif pour solidifier l'hydrogène liquide.*

Ensuite, on remplit un petit récipient à vide d'hydrogène liquide, on le place dans un grand tube en verre (fig. 3), qui est bouché, et le tout est renfermé dans un autre récipient à vide, relié à la pompe pneumatique. Après que cette dernière a fonctionné pendant quelques minutes, l'hydrogène se congèle en un solide vitreux, de telle sorte que tout l'appareil peut être retourné. Le point de fusion de l'hydrogène, déterminé par le Dr Jacquerod et moi-même, est de 14°1 sur l'échelle du thermomètre à hélium.

Finalement, l'hydrogène liquide peut être versé sur la main sans danger. Le liquide forme de larges globules reposant sur une couche de vapeur; la sensation est curieuse, parce que la substance paraît n'avoir aucun poids.

II

Pendant l'année dernière, j'ai été occupé à mesurer la pression de vapeur de l'hydrogène liquide sur les échelles des thermomètres à volume constant remplis avec différents gaz. Ces recherches, qui furent entreprises avec M. G. Senter et le Dr Jacquerod[1], comprennent, avant tout, la mesure du coefficient de l'augmentation de pression entre 0° et 100° C. Pour l'hydrogène et l'hélium, nous avons trouvé que le coefficient est 0,003.662.55, confirmant la valeur de M. Chappuis pour le premier. La température de la glace fondante sur l'échelle du thermomètre à volume constant rempli avec l'un ou l'autre de ces gaz est de 273°03.

Tableau I. — ***Tensions de vapeur de l'hydrogène liquide.***

THERMOMÈTRE	PRESSIONS de vapeur de l'hydrogène liquide	TEMPÉRATURE trouvée	TEMPÉRATURE déduite de la courbe rectifiée
I. — *Echelle de l'Hydrogène.*			
A (12 c.c.). .	757,2 millim.	20°17	20°21
B (26 c.c.). .	766,6 —	20,28	20,25
II. — *Echelle de l'Hélium.*			
A (12 c.c.). .	765,0 millim.	20°42	20°44
— . .	759,2 —	20,41	20,41
B (26 c.c.). .	770,0 —	20,43	20,46
C (26,7 c.c.) .	749,0 —	20,36	20,36

Nous avons ensuite déterminé d'une façon précise la pression de vapeur de l'oxygène liquide et de l'hydrogène liquide sur les échelles de ces thermomètres. Pendant ces expériences, nous avons tenu compte du fait que l'espace mort (fig. 1, C) et le tube n'avaient pas la même température que la boule. La température de l'espace mort était naturellement celle de l'air, tandis que la température du tube dépendait de la quantité de liquide du récipient à vide qui entourait la boule;

[1] *Phil. Trans.*, 1902.

un thermomètre à gaz arrangé spécialement a été employé pour la déterminer. La contraction du verre entre 0° et — 190° C. a été déterminée, afin de permettre le calcul du volume de la boule à la plus basse température, et une méthode spéciale a été employée afin de s'assurer que le gaz dont on mesurait la tension de vapeur était absolument pur.

Le tableau I indique le degré d'exactitude obtenu dans ces expériences en employant des thermomètres différents et des échantillons de gaz

Tableau II. — ***Tensions de vapeur de l'hydrogène et de l'oxygène liquides.***

PRESSION en milli-mètres	OXYGÈNE LIQUIDE		HYDROGÈNE LIQUIDE	
	Températures sur l'échelle de l'hydrogène	Températures sur l'échelle de l'hélium	Températures sur l'échelle de l'hydrogène	Températures sur l'échelle de l'hélium
800	90°60	90°70	20°41	20°60
760	90,10	90,20	20,22	20,41
700	89,33	89,43	19,93	20,12
600	87,91	88,01	19,41	19,61
500	86,29	86,39	18,82	19,03
400	84,39	84,49	18,15	18,35
300	82,09	82,19	17,36	17,57
200	79,07	79,17	16,37	16,58
100	»	»	14,93	15,13
50	»	»	»	14,11

différents; le tableau II, les valeurs moyennes pour la tension de vapeur de l'oxygène liquide et de l'hydrogène liquide.

III

On a souvent recours à tort à l'échelle du thermomètre à gaz comme étant l'échelle absolue; aussi est-il nécessaire de donner quelques mots d'explication sur ce dernier terme. Il y a déjà longtemps, Carnot a indiqué que l'efficacité de la machine à vapeur réversible dépend de la température de la chaudière et du condenseur, mais est indépendante de la nature des substances en travail. Dans le milieu du siècle dernier, le Professeur W. Thomson (maintenant Lord Kelvin) montra que, si l'on exprime la température sur une échelle qui soit indépendante des propriétés particulières des substances thermométriques, et qui puisse par conséquent être appelée absolue, l'efficacité peut être indiquée par le rapport $\frac{\Delta T}{T}$, où ΔT est la différence entre la température de la chaudière et celle du condensateur et T la température à laquelle le cycle travaille.

L'échelle d'un thermomètre contenant un gaz parfait, c'est-à-dire un gaz qui obéit exactement aux lois des gaz simples et qui ne peut être liquéfié, remplirait ces conditions. Cette condition est, naturellement, tout à fait irréalisable, et nous devons nous contenter de calculer les différences entre l'échelle absolue et les échelles à gaz d'après les propriétés de ces gaz que nous pouvons déterminer.

Le problème fut premièrement étudié en 1850 par Joule et Lord Kelvin, qui indiquèrent que la quantité dont un gaz se refroidit ou s'échauffe lorsqu'il se détend librement est une mesure du degré dont il diffère, dans ses propriétés, d'un gaz parfait, lequel, dans les mêmes conditions, ne subirait aucun changement de température. Récemment, la question a été traitée d'une façon complète par Callendar, qui arrive à la conclusion que la température absolue correspondant aux points d'ébullition de l'oxygène et de l'hydrogène liquides est intermédiaire entre les valeurs que j'ai obtenues pour les points d'ébullition sur les échelles des thermomètres à hydrogène et à hélium. Les échelles des thermomètres remplis de ces deux gaz diffèrent également, et dans une direction opposée, de l'échelle du thermomètre à gaz parfait.

Si l'on s'occupe de très basses températures, le terme « un degré » n'a pas toute sa signification. Le rendement d'un processus thermique réversible à la température normale augmente d'environ 1/300 chaque fois que la température s'abaisse de 1° C. D'un autre côté, à 15° absolus, le rendement augmente de 1/15 pour le même abaissement de température. La représentation linéaire de l'échelle absolue de température indiquera, par conséquent, l'accroissement de longueur des degrés dans la direction du zéro de l'échelle, lequel ne sera jamais atteint, la longueur du dernier degré étant infinie.

J'ai peu de chose à dire sur le zéro absolu. En qualité de zéro de l'échelle absolue, il a une signification mathématique. Je n'ai aucune conception physique des conditions que l'on obtiendrait au voisinage de ce point.

IV

Mes recherches sur la liquéfaction de l'hydrogène ont eu pour origine quelques expériences entreprises dans le but d'obtenir une petite quantité de liquide, afin de séparer le néon de l'argon et de l'hélium, avec lesquels il est associé dans l'atmosphère. En 1899, Sir William Ramsay, avec lequel j'avais l'honneur de travailler, et moi-même avons réussi à séparer les gaz argon, krypton et xénon à l'état de pureté, en condensant les gaz réunis dans une boule plongée dans de l'air liquide, et en soumettant le produit au procédé de la distillation fractionnée. Comme, cependant, les points critiques du néon et de l'hélium sont situés au-dessous de 215° C., la méthode ne pouvait être appliquée à la

séparation de ces gaz l'un de l'autre, ou de l'argon, avec lequel ils sont unis.

Il est clair qu'avant de pouvoir séparer les gaz, et arriver à une conclusion exacte, il était nécessaire d'obtenir de l'hydrogène liquide et de l'employer comme agent de refroidissement. J'ai entrepris de le faire et, après quelques expériences préliminaires, j'ai réussi à créer un appareil au moyen duquel une quantité suffisante d'hydrogène liquide peut être obtenue. Je parlerai plus loin de ces expériences.

Les exemples suivants illustreront la méthode de séparation des gaz au moyen de l'hydrogène liquide. La boule A (fig. 4) est scellée à un robinet à deux voies qui communique d'un côté, par un flacon laveur B, contenant de l'acide sulfurique, à un gazomètre C contenant de l'air, et de l'autre à un tube Plücker D, dans lequel on a fait le vide au moyen d'une pompe à mercure. On peut entourer

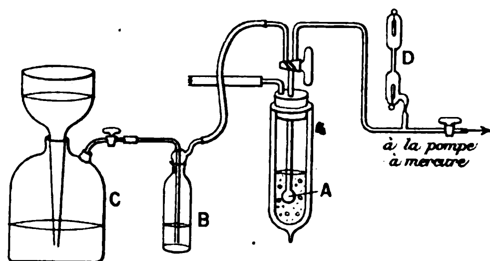


Fig. 4. — *Appareil pour séparer les gaz de l'air au moyen de l'hydrogène liquide.* — A, boule de condensation, entourée d'air ou d'hydrogène liquide bouillant sous pression réduite; B, flacon laveur; C, gazomètre; D, tube de Plücker.

la boule A d'air liquide, et, en faisant bouillir ce dernier sous pression réduite, l'air liquide peut être condensé dans la boule. Lorsque deux litres d'air ont été condensés, on peut fermer le robinet, et le récipient contenant l'air liquide est remplacé par un autre récipient contenant de l'hydrogène liquide, préparé quelques moments auparavant. L'air liquide se solidifie maintenant dans la boule; mais, comme l'hélium ne peut être liquéfié à 13° absolus, et comme le néon a encore une pression de vapeur considérable à la température de l'hydrogène liquide, ces deux substances demeurent à l'état gazeux. Si l'on tourne le robinet, de façon à placer la boule en communication avec le tube de Plücker, les gaz pénètrent dans le tube, lequel, traversé par une décharge électrique, émet une pâle lueur rose; alors, le spectre du néon et celui de l'hélium deviennent visibles.

Retournons à la production de l'hydrogène liquide. En 1895, le chimiste polonais Olszewski a montré que, lorsqu'on comprime de l'hydrogène dans un tube refroidi à — 210° C. et qu'on le laisse se détendre tout d'un coup, on observe la formation de gouttelettes, quoiqu'il n'ait pu découvrir aucune trace d'hydrogène liquide. Le refroidissement produit par expansion a lieu dans de telles conditions que le gaz qui reste dans le tube travaille en poussant une partie de lui-même, qui s'échappe par un orifice. Puisque la capacité thermale des parois du tube doit nécessairement être très grande comparativement à celle du gaz ou du liquide qu'il contient, il est clair que cette méthode n'est pas applicable à la production de l'hydrogène liquide dans la condition statique.

Au milieu du siècle passé, Joule et Lord Kelvin ont montré que, lorsqu'on laisse se dilater des gaz sans exécuter un travail externe, ou de telle façon que, dans l'expansion, le travail soit fait en surmontant un frottement, de sorte que la chaleur ainsi dégagée soit absorbée par le gaz, aucun changement de température n'a lieu dans un gaz parfait, mais tous les gaz connus sont légèrement réchauffés ou refroidis. Lorsque l'air se détend librement, il se refroidit, et le principe a été appliqué par Hampson, en Angleterre, et Linde, en Allemagne, à la production de l'air liquide. D'un autre côté, l'hydrogène se réchauffe, de sorte que cette méthode ne peut pas être appliquée directement à la liquéfaction de ce gaz. Cependant, l'effet Joule-Thomson dépend de la température à laquelle le gaz se détend, et aux basses températures il paraît probable que l'hydrogène, comme l'air, se refroidirait par libre expansion. Olszewski a, en effet, montré récemment que l'effet Joule-Thomson pour l'hydrogène change de signe à — 80°5 C.

En 1898, Dewar a décrit, devant la Société Chimique de Londres, un appareil au moyen duquel il avait obtenu un jet très froid d'hydrogène, mais avec lequel il lui avait été impossible d'obtenir du liquide. Le gaz, sous une pression de 180 atmosphères, était refroidi dans l'air liquide, bouillant dans le vide, puis on le faisait pénétrer dans un long serpentin renfermé dans un récipient à vide. Le gaz se détendait en un jet à la base du serpentin, puis le gaz refroidi s'élevait, en refroidissant le gaz entrant, et s'échappait par l'extrémité supérieure du récipient à vide. La théorie du procédé n'est pas discutée dans le Mémoire. Le Mémoire signale un plus grand appareil, dont une photographie a paru dans la nouvelle Encyclopédie du *Times*, quoique le texte ne contienne aucune description de ses dispositions internes.

En poursuivant mes recherches sur la liquéfaction de l'hydrogène, j'ai eu, par conséquent, à traiter le sujet comme s'il n'avait pas été effleuré auparavant.

En mars, avril et mai de l'année 1899, j'ai entrepris une série d'expériences pour déterminer s'il

était nécessaire de refroidir le gaz comprimé au-dessous de — 80° avant de le laisser se détendre, dans le but de le liquéfier. Ces expériences ont complètement échoué; mais, en les poursuivant, j'ai acquis beaucoup d'expérience dans les méthodes de compression et de manipulation des gaz sans perte ou contamination. Elles m'ont amené à la conclusion qu'il est absolument nécessaire d'employer l'air liquide comme agent réfrigérant, et, si possible, de refroidir le gaz à la température de l'air liquide bouillant sous pression réduite. J'ai, par conséquent, construit un appareil dans lequel ces conditions peuvent être réalisées.

Le premier appareil que j'ai construit a déjà été décrit dans le *Philosophical Magazine*. Après l'avoir employé dans mes expériences de 1900, je l'ai modifié et je l'ai de nouveau employé en 1902, lors de mes recherches avec le Dr Jacquerod, sur les tensions de vapeur de l'hydrogène, qui ont été décrites dans les *Philosophical Transactions of the Royal Society* pour 1902.

La figure 5 montre les différentes formes de diagrammes du liquéfacteur à hydrogène dont je me suis servi. Dans la première, dont j'ai déjà parlé (fig. 5, I), l'hydrogène arrive du compresseur sous une pression d'environ 150 atmosphères et passe premièrement à travers un serpentin dans le récipient A, qui a été rempli d'un mélange d'acide carbonique et d'alcool solide (— 78° C). Il passe ensuite à travers le serpentin B', qui est renfermé dans un récipient formé de deux enveloppes de verre placées l'une dans l'autre et contenant l'air liquide. On a introduit le serpentin B' après les premières expériences parce qu'on s'était aperçu que le serpentin de la chambre centrale B n'est pas assez long pour effectuer le refroidissement du gaz de la température de l'acide carbonique solide à celle de l'air liquide.

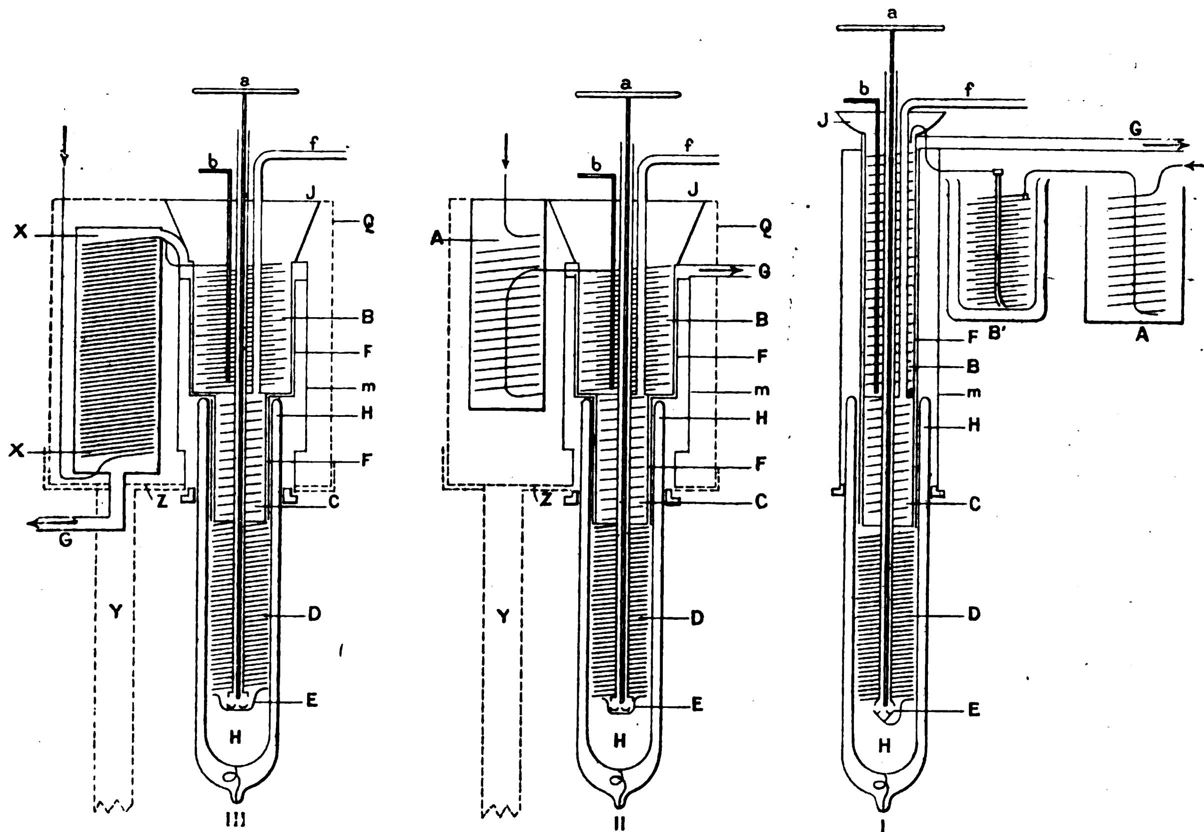


Fig. 5. — *Formes successives du liquéfacteur à hydrogène de M. Travers.* — A, A, premier serpentin réfrigérant, rempli d'un mélange d'alcool et d'acide carbonique solide; B', serpentin réfrigérant à air liquide; B, B, B, C, C, C, serpentins réfrigérants à air liquide; D, D, D, XX, serpentins régénérateurs, refroidis par le gaz froid qui s'échappe de l'appareil; E, E, E, pointeaux controlés pour les leviers *a, a, a*; *b, b, b*, leviers contrôlant les pointeaux des chambres C; F, espace annulaire; G, tuyau de sortie de l'hydrogène non condensé; H, H, récipient à vide à la base duquel s'écoule l'hydrogène liquide; Z, cadre en cuivre; Q, enveloppe métallique; Y, support en fer.

Après avoir passé à travers le serpentin dans la chambre B, le gaz entre dans le serpentin de la chambre C. Cette chambre communique avec une pompe pneumatique, et l'air liquide peut y pénétrer par un robinet à pointeau qui est contrôlé par le levier *b*. L'air liquide bouillant sous pression réduite abaisse la température au-dessous de — 200° C. Le gaz, comprimé, entre finalement dans le serpentin régénérateur D, contenu dans le récipient à vide, et, se détendant au pointeau E, con-

trôlé d'en haut par le levier a, se refroidit davantage; puis il se répand au-dessus à travers les interstices du serpentin, refroidit le gaz qu'il renferme et ensuite retourne par l'espace annulaire F, entourant les chambres B et C, et le tuyau G au compresseur.

L'hydrogène liquide, qui a été formé par la détente du gaz comprimé, s'échappe à travers le tube en spirale, reliant l'intérieur du récipient à vide H avec le bec inférieur, et il est recueilli dans un second récipient à vide placé au-dessous. Les arrangements pris pour empêcher le gaz de s'échapper en grande quantité ont été décrits dans le Mémoire original et je n'y reviendrai pas en détail maintenant. Il suffit de dire que, lorsque l'appareil fonctionne bien, on obtient environ 400 centimètres cubes de liquide une demi-heure après le commencement de l'opération. De plus, comme le gaz, après avoir subi la détente, retourne au compresseur, il s'en perd peu pendant une expérience.

La figure 5 II indique une forme modifiée du même appareil, qui a été construite pour être installée dans les laboratoires du Professeur d'Arsonval à Paris et du Professeur Anschutz à Bonn. Il diffère de l'appareil déjà décrit en ce qu'il est un peu plus ramassé. Il ne possède qu'une seule chambre B à air liquide, au lieu des deux, B et B', du premier type. L'appareil est posé sur un cadre en cuivre Z, fixé à un support en fer Y, et est enfermé dans une enveloppe de métal Q, remplie de laine naturelle de mouton. J'ai employé cet appareil dans le laboratoire du Professeur Anschutz et il m'a donné entière satisfaction.

On remarquera que, dans les types II et III de l'appareil, l'hydrogène quitte l'appareil à une température qui se rapproche de — 200° C. Ceci, naturellement, produit une grande perte d'agents réfrigérants, puisque l'hydrogène froid peut être employé avec avantage pour refroidir le gaz entrant.

Dès que j'ai eu le temps d'entreprendre quelques expériences dans le but de rectifier ce défaut, j'ai composé l'appareil indiqué dans la figure 5 III. Dans cet appareil, l'hydrogène comprimé entre premièrement au bas du serpentin régénérateur XX et, passant vers le haut, il est refroidi par le courant de gaz froid qui s'échappe par l'extrémité supérieure de l'espace annulaire F, puis, se dirigeant vers le bas, à travers les interstices du serpentin, retourne par le tuyau G au compresseur. Par ce procédé, l'hydrogène comprimé est refroidi à une température beaucoup plus basse qu'il ne le serait si l'on avait employé de l'acide carbonique comme premier réfrigérant.

Comme on n'use pas d'acide carbonique et que la quantité d'air liquide est seulement le 1/5 de celle qui a été employée dans les premières expériences, les dépenses sont très réduites.

L'idée d'employer un second serpentin régénérateur est venue simultanément au Professeur Olszewski et à moi-même; nous nous sommes aperçus du fait dans notre correspondance privée.

Je construis en ce moment un nouveau liquéfacteur qui, je l'espère, permettra d'obtenir encore de meilleurs résultats. La fabrication est confiée à la *Brin's Oxygen Company*, qui s'est fait une spécialité de la construction des machines pour la production des gaz liquéfiés.

V

Concluons en disant quelques mots sur la préparation et la manipulation de l'hydrogène.

Dans les premières expériences, le gaz était préparé par l'action de l'acide sulfurique sur le zinc contenu dans une caisse. Plus tard, on a employé un récipient en plomb, et le gaz traversait une série de tours convenablement disposées pour se rendre au gazomètre. Ce dernier contenait environ trois mètres cubes de gaz. Le gaz était admis directement dans le cylindre à basse pression d'un compresseur de torpilleur Whitehead modifié, et était amené en deux temps à 150 atmosphères. Ensuite, il passait, à travers un cylindre contenant de la potasse caustique en morceaux, jusqu'au liquéfacteur, et, après avoir subi la détente, la partie non liquéfiée retournait au tube reliant le gazomètre à la pompe.

La plus basse température mesurée a été celle du point de fusion de l'hydrogène solide, c'est-à-dire 14,1° absolus. En faisant évaporer de l'hydrogène solide sous pression réduite, il est possible de réduire encore davantage la température, mais probablement pas au-dessous de 13° absolus. Le Professeur Dewar et moi, nous avons essayé de liquéfier l'hélium, mais sans succès. Il semble probable, pour des raisons que j'ai déjà publiées (*loc. cit.*), que le point critique de ce gaz est dans le voisinage de 10° absolus. Sans aucun doute, un jour on liquéfiera l'hélium, et l'on s'en servira pour obtenir des températures correspondant à 5° et 6° absolus.

On n'arrivera à ce résultat que lorsqu'on aura une connaissance plus grande de la façon dont se comporte l'hydrogène liquide et des propriétés de ce dernier, ainsi que des méthodes de recherches aux très basses températures. Pour cette raison, j'espère que d'ici peu beaucoup de travailleurs entreront dans ce vaste champ d'investigation [1].

Morris W. Travers,
Docteur ès sciences,
Professeur-adjoint de Chimie
à University College (Londres).

[1] D'après deux conférences faites à University College de Londres.

TRIPOLI DE BARBARIE ET LES INTÉRÊTS FRANÇAIS

La Tripolitaine est toujours un sujet d'actualité qui, de latente, peut devenir, d'un moment à l'autre, aiguë.

Bien que nous ayons formellement repoussé toute idée d'ingérence directe dans ce pays situé au seuil de nos possessions d'Afrique, il ne saurait, par cela même, quelque puisse être son avenir politique et commercial, se soustraire à notre influence qui, malgré l'absence de colonie française, s'y fait déjà, néanmoins, sentir.

A ce titre, les notes suivantes présenteront, peut-être, quelque intérêt pour le lecteur.

I. — Importance de Tripoli.

Il faut se hâter de visiter Tripoli pendant qu'elle est encore *de Barbarie*. Cette ville de « Princesse Lointaine », aux minarets vert pâle dardant leurs croissants d'or sur un ciel éclatant, avec sa blanche ceinture de remparts espagnols (fig. 1), frangés d'écume, et ses bois de palmiers qui s'avancent presque jusqu'au ras des flots, — cette ville, peu riche en monuments publics, exhale pourtant un charme pénétrant, qu'elle doit à sa *Barbarie* même, à son inviolée couleur locale, et qui ne tardera pas à s'évaporer le jour où les « Roumi » s'y seront installés en maîtres.



Fig. 1. — *Tripoli, vu de la rade.*

Ce pays fut prospère du temps de la domination romaine : des ruines grandioses l'attestent, et le sable du Désert recouvre encore maint vestige de cette grandeur passée.

Encore plus que le vent du Sahara, la domination musulmane a desséché cette malheureuse contrée, qui, depuis, vit sur la réputation de ses « quelques arpents de sable ».

Cependant, ceux qui la connaissent bien affirment qu'il serait téméraire de la juger sur sa mine, que « de Ras Adjedir à Misrata, tout le long de la côte, jusqu'à et y compris les plaines d'Orfella à l'Est, dans les vastes plaines de la Djefara à l'Ouest et par delà le Djebel Nefousa jusque dans le sud de Sinaoun, les plantations de dattiers, de citronniers, de caroubiers, d'orangers, de grenadiers, d'amandiers et de presque tous les arbres fruitiers d'Europe, les jardins maraîchers donnant tous les légumes d'Europe, les champs de blé, d'orge, de maïs, de trèfle, de luzerne, les champs de pommes de terre et de betterave, les vignobles, devraient se succéder sans interruption. Dans toutes ces régions *l'eau se rencontre à une petite profondeur*[1]; les forages pourraient donc y être multipliés à l'infini et il serait aisé, au moyen de machines d'irrigation, de suppléer à l'insuffisance des pluies, dont la régularité laisse souvent à désirer. Partout aussi, dans les mêmes régions, devraient se dérouler à perte de vue des plantations d'oliviers et de mûriers. Il en est de même pour les pâturages, qui pourraient être largement améliorés[2]. »

Néanmoins, en dépit de cet abandon millénaire, Tripoli, point de jonction des deux océans de sable et d'eau, voyait son commerce s'élever encore, il y a une quinzaine d'années, et malgré l'abolition de la traite des nègres, à environ 28 millions de francs, en grande partie produits par l'arrivage des caravanes soudanaises, pour lesquelles Tripoli était une porte ouverte sur la Méditerranée. Mais, dans ces derniers temps, les routes du Désert sont devenues si peu sûres, grâce aux incursions multipliées des Touareg, que les trafiquants arabes eux-mêmes, découragés, ont renoncé pour la plupart à ces lointaines entreprises qui leur rapportaient plus de coups de fusil que de profit. C'est maintenant vers le Ouadaï, par la route de

[1] Deux mètres à certains endroits.

[2] *La langue française en Tripolitaine*, par M. Lacau, consul général de France à Tripoli (C. F. *La langue française dans le Monde*, ouvrage publié par « l'Alliance française », p. 125).

Benghazi-Koufsa, où elles rencontrent plus de sécurité que, malgré la longueur du trajet, les rares caravanes subsistantes se dirigent de préférence.

II. — Population.

Tripoli est une ville d'environ 36.000 habitants (y compris ceux de l'oasis), dont 8.000 Juifs, 4.000 Maltais et 1.000 Italiens, ce qui fait, pour l'élément indigène musulman, 23.000 âmes, auxquelles il faut ajouter une population flottante et variable de fonctionnaires et soldats turcs, vivant comme en pays conquis et ne se rencontrant avec les Tripolitains que sur le terrain religieux. Ce terrain est, il est vrai, singulièrement solide.

Au-dessous de ces musulmans immuables et fatalistes, à double origine, se traitant parfois entre eux de Turc à More, mais qui feraient, sans doute, cause commune contre le Chrétien envahisseur, végètent les Juifs, encore déprimés et avilis par des siècles de servitude, et cependant préparés, de par l'extraordinaire plasticité de leur race, à évoluer rapidement et à s'européaniser comme leurs frères d'Algérie, le jour où les moyens leur en seront donnés. L'émancipateur, d'où qu'il vienne, aura leur sympathie.

Quant aux chrétiens (Maltais ou Siciliens), ils sont pour la plupart nés dans le Vilayet et ne connaissent guère les patries de leurs pères, auxquelles ils ne sont reliés que par le dépôt de leur acte de naissance aux consulats d'Angleterre ou d'Italie. Ils doivent naturellement désirer une occupation européenne, qui leur permettrait d'exercer une influence et d'accéder aux emplois que leur qualité de chrétiens leur interdira toujours sous le régime turc. La sympathie des Maltais peut être acquise à l'Italie; ils la refuseraient sûrement à l'Angleterre.

III. — Commerce.

L'importance commerciale de Tripoli est, nous l'avons dit, bien diminuée; en 1900, les importations ont atteint le chiffre de 12.130.000 francs et les exportations celui de 10.345.000 francs. La part de la France, dans ce mouvement, est de 2.743.000 francs par rapport aux articles qu'elle a introduits dans le Vilayet, et de 2.885.000 francs pour les marchandises exportées de Tripolitaine en France, Tunisie et Algérie.

C'est la France qui a fourni à la Tripolitaine une partie notable des farines qui y sont entrées : 1.600.000 francs, sur un total de 3.000.000. Quant au sucre, nous n'arrivons à en fournir qu'un peu plus de la moitié de ce qui est nécessaire à la consommation, soit pour 300.000 francs; le reste (270.000 francs) est importé par l'Autriche.

Nous introduisons pour 100.000 francs de drogueries et 80.000 francs de cuirs et peaux. Les autres articles de provenance française sont les bougies, cafés, confections, fruits et légumes, papeteries, passementeries (75.000 francs), couleurs, verroteries, quincailleries, soieries et bourrettes (30.000 francs), thés, riz (60.000 francs), tissus de coton (22.000 francs), tissus de laine (20.000 fr.).

Les importations venues du Soudan ont été de 3.000.000 de francs. Les importations venues d'Europe n'ont pas tout-à-fait atteint 2.500.000 francs. Enfin, les transactions directes entre Marseille et Tripoli varient chaque année entre un million et demi et 1.800.000 francs.

Comme on le voit par tous ces chiffres, le marché tripolitain est plutôt étroit; pour le moment, il est presque en léthargie, mais ce sommeil n'est pas celui de la mort : grâce aux ressources latentes qui ne demandent pour germer que de la sécurité, des capitaux et de l'initiative, un jour viendra où ce pays, suivant en cela l'exemple de la Tunisie, sa voisine, s'efforcera de reconquérir la place qu'il occupait jadis au temps de la domination romaine et que de longs siècles de fatalisme et d'abandon lui ont fait perdre.

IV. — Langue française et Instruction.

Il importe que nous soyons prêts pour l'heure de cette rénovation, et la meilleure façon de l'être est d'y implanter, par avance, à défaut de colons, notre langue et nos idées.

C'est à quoi travaillent, avec le plus grand dévouement et, on peut le dire, le plus grand succès, les trois établissements d'éducation patronnés par l'*Alliance française* et que j'ai eu l'honneur de visiter, en son nom, au mois d'avril 1902.

1. *École des Frères Marianistes.* — Cette institution, dont le véritable titre est « Collège de la Mission catholique des Pères Franciscains », existe depuis plus d'un demi siècle, mais elle ne fut confiée à la Société de Marie qu'en 1882 par les Pères eux-mêmes, qui l'avaient dirigée jusque là. L'administration, la direction, l'enseignement dépendent des Frères Marianistes; le local et le mobilier, seuls, appartiennent toujours aux Franciscains. Chacun des six Frères reçoit annuellement un traitement de 800 francs, à l'aide duquel il doit pourvoir à tous ses besoins, prévus ou non (nourriture, vêtement, voyages, frais de maladies, etc.).

Sous la direction des Frères Marianistes et malgré la concurrence acharnée des écoles italiennes qui ont tout fait pour attirer les enfants, le collège a pris un singulier développement : avant 1882, il comptait deux classes et une cinquantaine

d'élèves; l'*italien seul* y était enseigné; à l'heure actuelle, il possède cinq classes, 7 professeurs, et, sur 179 élèves inscrits depuis octobre 1901, environ 150 sont présents.

Ces 179 élèves se répartissent ainsi : 129 catholiques, 30 Grecs ou Arméniens orthodoxes, 19 musulmans, 1 israélite; soit 1 Français, 1 Autrichien, 14 Italiens, 109 Maltais et 54 Ottomans.

Toutes les matières de notre programme primaire supérieur y sont enseignées, avec le français pour base. Fait digne de remarque : notre langue est surtout recherchée par les Orientaux (Grecs, Arméniens et Turcs), qui seraient même disposés à n'en pas apprendre d'autre. L'italien, cependant, occupe, à juste titre, ainsi que l'anglais, une place importante dans l'enseignement.

Pour arriver à se faire rapidement comprendre en français par ses élèves, le Frère Lacroix, directeur de l'école, a imaginé un procédé qui a beaucoup d'analogie avec les images coloriées inventées par M. Machuel pour les jeunes Tunisiens : à l'aide de jouets d'un sou, ou fabriqués pour les besoins de la cause, il a créé tout un musée où figurent une foule d'objets dont les enfants apprennent ainsi le nom et les adjectifs qui les qualifient. Quant aux verbes, on ne fait conjuguer que ceux dont on peut, séance tenante, rendre, par gestes, la signification sensible.

Si les résultats obtenus sont des plus heureux, on le doit à la patiente énergie du Frère Lacroix et de ses dévoués collaborateurs, grâce à laquelle notre langue a dû de ne pas se voir, sinon délaissée, tout au moins reléguée au second plan.

Pour bien se rendre compte de l'importance du champ d'action sur lequel peut s'exercer le zèle de nos missionnaires, il faut se rappeler que, sur une population de 56.000 habitants, Tripoli possède, outre 8.000 Juifs, environ 5.000 chrétiens dont les enfants sont, par la force des choses, polyglottes; ils parlent l'arabe et l'italien dès le berceau et apprennent le français avec la plus grande facilité.

Devenus des hommes, beaucoup d'entre eux se trouvent trop à l'étroit dans cette oasis à commerce médiocre. Pour sortir de son atmosphère étouffante, sans, pour ainsi dire, se dépayser, et permettre à leur jeune activité de se donner carrière, ils n'ont qu'un pas à faire et vont en Tunisie. Si leurs affaires prospèrent, comme c'est généralement le cas, ils y demeurent et feront souche de Français. J'en ai eu personnellement un exemple sous les yeux lors de mon séjour à Tripoli en la personne d'un jeune Maltais de dix-huit ans, né dans la ville, parlant fort bien le français, quoi qu'il n'ait jamais fréquenté que l'école des Frères Marianistes. Il se disposait à aller fonder un établissement sur la frontière tunisienne, avec l'intention, si son entreprise réussissait, de se faire naturaliser Français.

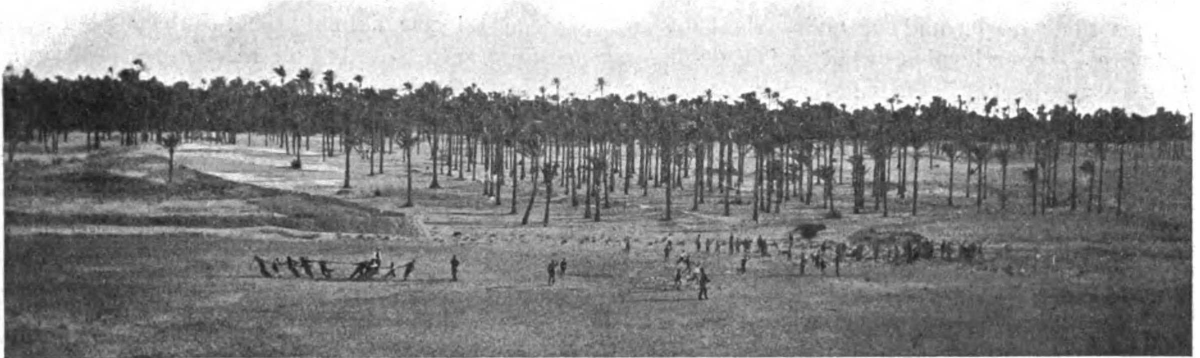


Fig. 2. — *L'oasis de Tripoli.*

Depuis 1882, époque où nos missionnaires ont pris la direction de l'école, cette éducation française a été départie à environ 800 enfants qui, plus tard, se tiennent entre eux et dont un grand nombre, demeurés à Tripoli, représentent nos maisons de commerce. Sans ces élèves, on peut l'affirmer hardiment, les transactions entre la France et la Tripolitaine n'existeraient, pour ainsi dire, pas.

Les autres ont émigré en Tunisie, à Malte et même en France, le passage dans notre école leur ayant fait aimer notre patrie et donné le vif désir de la connaître.

Le collège des Frères Marianistes *fait donc des Français*. C'est une école de patriotisme tout autant que de langage, grâce à l'impulsion du directeur, qu'aucun obstacle n'a jamais fait dévier de la ligne de conduite qu'il s'était tracée.

On aura, peut-être, remarqué plus haut les 19 musulmans qui figurent dans le dénombrement

des élèves fréquentant cette année l'école marianiste. Pour qui connaît la farouche intransigeance des mahométans en matière de religion, cette preuve de confiance est le plus beau témoignage qui puisse être produit en faveur de la tolérance et de la largeur d'idées des Frères, qui accueillent également, sans aucune arrière pensée de prosélytisme, des schismatiques et des Juifs.

Malheureusement, notre action sur les Ottomans, qui était déjà des plus limitée, est devenue presque nulle depuis un « iradé » récent, aux termes duquel le Sultan a défendu à ses sujets l'accès des écoles européennes. Les 19 enfants qui suivent présentement nos cours sont des fils de fonctionnaires ou d'officiers à qui leur situation a permis de tourner la difficulté; mais le recrutement de cette catégorie d'élèves paraît, pour l'avenir, à peu près tari, et c'est grand dommage, car ils sont, en général, intelligents, instruits et disciplinés.

Avant de prendre congé des Marianistes, disons quelques mots de la maison qu'ils viennent de construire — pour le plus grand plaisir de leurs élèves — aux portes de la ville, entre la mer et l'oasis.

L'histoire de cette construction, en grande partie faite de nuit (car, aux termes de la loi turque, ce qui est construit, l'ayant été par la permission divine, ne peut plus être démoli) et constamment entravée par les autorités, qui y voyaient je ne sais quel repaire de contrebandiers, demanderait, pour être narrée tout au long, plus de pages que n'en comporte cet article. Il fallut à la fin en référer à la Sublime-Porte, et, grâce à notre consul, aidé de M. Constans, l'incident héroï-comique finit par se dénouer favorablement pour nos missionnaires.

2. *École des sœurs de Saint-Joseph de l'Apparition.* — En plus de l'école précédente abandonnée aux Marianistes, les Franciscains en possédaient une autre, spécialement destinée aux filles et aux enfants du premier âge, dont ils ont également résigné la direction en faveur des sœurs de Saint-Joseph de l'Apparition. Cette école, divisée en sept classes, est suivie par 395 élèves, dont 80 petits garçons. La nationalité des enfants se décompose de la façon suivante :

280 Maltais, 22 Italiens, 10 Espagnols, 38 Grecs, 19 Arméniens, 26 Ottomans.

Au point de vue religieux, on compte 316 catholiques, 59 schismatiques, 7 israëlites et 13 musulmans.

L'enseignement se fait alternativement en français et en italien. Les sœurs sont françaises et maltaises ; toutes les jeunes filles interrogées devant moi ont répondu en excellent français.

3. *École de l'Alliance israëlite universelle.* — La troisième école dont nous ayons à nous occuper est celle de l'Alliance israëlite universelle, dirigée par M. Lévy. Cette institution, qui reçoit 200 garçons et 220 filles, pour une population d'environ 8.000 Juifs, jouit d'une très grande prospérité, grâce aux dons et aux legs de très riches coreligionnaires, au premier rang desquels se trouvait le baron Hirsch.

L'école, bien que relevant de l'autorité ottomane, se conforme, en ce qui regarde l'enseignement du français, au programme de nos écoles primaires.

Par tout ce qui précède, il est aisé de voir combien notre langue est appréciée en Tripolitaine et dans quelles conditions satisfaisantes elle y est enseignée avec un succès toujours croissant, malgré la concurrence italienne, puisque le nombre des élèves fréquentant nos écoles est en progression de plus de 100 sur l'année 1897. Et cependant, la colonie française de Tripoli n'est représentée que par des Algériens et des Tunisiens. Notre commerce n'y est donc sauvegardé que grâce à des étrangers qui ont appris le français dans nos écoles, où ils sont venus en si grand nombre, justement parce que notre commerce et surtout notre influence occupent encore, malgré tout, un des premiers rangs dans le Vilayet.

Depuis vingt ans que la France est installée en Tunisie, elle exerce tout à l'entour un rayonnement déjà sensible : Maltais et Siciliens voient en elle la grande Puissance chrétienne la plus proche qui puisse, le cas échéant, leur donner aide et protection ; les Juifs révèrent l'émancipatrice, et d'instinct se tournent vers le grand peuple qui proclama les droits de l'Homme.

Il est à souhaiter, toutefois, dans l'intérêt de ces derniers, que leur évolution ne soit pas, le jour venu, trop brusque ; l'exemple de leurs frères d'Algérie démontre suffisamment qu'une race, si bien douée soit-elle, ne saurait, sans danger pour elle et la communauté tout entière, passer, sans transition, de l'ombre au grand soleil.

V. — Question politique.

Les situations politique et économique de cette province barbaresque sont si bien liées l'une à l'autre, découlent tellement l'une de l'autre, que l'on peut dire, sans crainte de se tromper, qu'un avenir semblable les attend.

Prospère et peuplée sous la domination romaine, lorsqu'elle faisait partie de l'Afrique proconsulaire, avec ses grandes villes, Æa, Sabrata et Leptis-Magna, dont le temps nous a conservé les ruines

grandioses, Tripoli, — qui doit son nom à ces trois cités, — est, avec quelques interrègnes, — musulmane depuis plus de douze cents ans, et le souffle desséchant de l'Islam a peu à peu tari ses sources, ensablé ses oasis, transformé en déserts arides les vertes palmeraies à l'ombre desquelles Apulée composa son *Ane d'or*. Le jour où cette province retrouvera un gouvernement stable (administration directe ou protectorat, peu importe, pourvu qu'il puisse rétablir la sécurité de l'intérieur et inspirer confiance à l'importation des capitaux), elle secouera son linceul de sable, les sources aveuglées jailliront sous les coups de la sonde, les colons peupleront ses campagnes reverdies, et, par le long ruban des caravanes rassurées, les trésors du continent noir afflueront de nouveau.

Dans cette grande désolation qu'est de nos jours la Tripolitaine, les Turcs sont campés — rien de plus — avec quelques postes incohérents, détachés dans l'extrême Sud, postes sans aucune action en dehors des murailles de pisé qui les protègent et qui, depuis longtemps déjà, auraient été enlevées par les Touareg, sans un accord tacite passé — Allah seul sait sur quelles bases — entre ces derniers et le Gouvernement ottoman.



Fig. 3. — *Environs de Tripoli.* (On aperçoit la ville dans le fond.)

Tripoli ne pouvant subsister sans les importations, — l'intérieur, en l'état présent des cultures, a déjà du mal à se suffire à lui-même, — la ville est à la merci d'un simple blocus d'autant plus court que la garnison sera plus importante. La Turquie n'a, comme l'on sait, pas de flotte, et ne saurait donc venir en aide à la place, laquelle se rendrait sans grande résistance.

VI. — Gouvernement.

A l'heure actuelle, les forces de terre consistent en six mille hommes de troupes régulières très belles, malgré leur aspect dépenaillé et leur armement démodé. Ces troupes viennent toutes de Turquie. L'autorité est partagée entre un gouverneur civil et un maréchal, qui, tous deux, ont rang de pacha. Parmi les fonctionnaires de tout ordre, il y a, dit-on, beaucoup de *jeunes Turcs* dont ce pays tient lieu d'exil; mais on a eu soin de les encadrer dans beaucoup de *vieux*, qui les surveillent avec un soin jaloux.

La relève de la garnison se fait d'une façon très irrégulière : 2.000 hommes qui avaient accompli leur temps de service ont été maintenus dix-huit mois de plus, faute de ressources. Ce n'est que lorsqu'ils se furent révoltés que le Gouvernement avisa au moyen de les rapatrier, et les commandants des transports italiens ne consentirent à les embarquer que lorsque le prix intégral des passages leur eût été versé.

La kasba et les fortifications, très pittoresques, datant, pour la plupart, de l'occupation espagnole du seizième siècle, tombent en ruines. Quant aux batteries, elles ont, dit-on, bien du mal à tirer des salves, ponctuées de ratés.

Les forces de mer sont représentées par un stationnaire, vieille frégate en bois qui ne semble pas avoir été repeinte depuis la guerre de Crimée. Deux jours suffisent à peine à la mettre sous pression; elle peut alors, sans trop d'effort, filer quatre nœuds à l'heure. Les méchantes langues prétendent qu'ayant été naguère envoyée à Malte, elle revint quelques jours après sans avoir jamais pu découvrir cette île fantastique et illusoire.

Les navires ne débarquent pas à quai, Tripoli n'ayant qu'une rade foraine, mais des enrochements naturels rendraient assez facile la construction d'un port.

Si la conquête de Tripoli paraît devoir être une opération facile, il n'en serait sans doute pas de même de l'intérieur, et les vainqueurs se trouveraient, toutes proportions gardées, dans une situation analogue à la nôtre au lendemain de la prise d'Alger. Se borneraient-ils à la province de Tripoli, ou voudraient-ils également s'emparer de la Cyrénaïque et du Fezzan? Il leur faudrait, dans ce cas, une armée d'occupation considérable, avec les moyens de la faire vivre dans un pays dénué de ressources.

Sans parler des Touareg, dont le plus grand intérêt est le maintien d'un *statu quo* leur permettant

d'exercer en paix leur métier de pirates, les indigènes, quelque pressurés qu'ils soient par le régime turc qui ne leur garantit même pas la sécurité des routes, rallieront tous, au premier appel, la guerre sainte, l'étendard vert du prophète.

Nous n'avons, pour notre part, rien à faire dans cette région ; notre empire musulman est assez vaste et notre mission civilisatrice suffisamment lourde pour que nous ne cherchions pas à les élargir; mais sur cette terre d'Afrique où nous sommes implantés depuis plus de soixante-dix ans, nous avons le droit de choisir nos nouveaux voisins et de circonscrire par avance la zone dans laquelle nous leur permettrons d'évoluer.

Si nous renonçons à prendre à notre compte la rénovation de la Tripolitaine, nous avons, par contre, tout intérêt à ce qu'elle ait lieu, ne fût-ce que pour éteindre un foyer de fanatisme qui couve toujours aux portes de la Tunisie; et il nous importe que ce soit sous les auspices d'une race d'éducation latine analogue à la nôtre, pas assez forte pour nous porter ombrage, suffisamment, cependant, pour jouer convenablement le rôle de gendarme européen qui rendra à ce pays la sécurité nécessaire à son développement commercial par l'afflux des capitaux.

Or, l'Italie, qui n'est séparée de Tripoli que par quelques heures de mer, ne demanderait pas mieux que d'y jouer ce rôle, qui la rehausserait à ses propres yeux, la dédommagerait, croit-elle, de ses déboires coloniaux, la consolerait enfin de la Tunisie qu'elle convoitait depuis longtemps et où vont se perdre, pour elle, chaque année, quantité de colons laborieux qui peupleraient, au bout d'un certain temps, les parties cultivables de la Tripolitaine. Même privée de son « hinterland », au sujet duquel nous avons, paraît-il, fait toutes réserves, la Tripolitaine vaut encore quelque chose — mieux, en tout cas, que sa réputation ; son littoral, assez favorisé par les pluies, produit d'excellents fruits et légumes, et la sécurité rétablie y ramènerait les caravanes.

En admettant que nous laissions les Italiens intervenir un jour dans les affaires de cette province barbaresque, ce n'est pas une raison pour y perdre le terrain gagné dans le domaine économique, ce qui arriverait fatalement si notre œuvre scolaire était arrêtée.

Sur ce point, le meilleur exemple que nous puissions suivre est celui de l'Italie même, qui continue à entretenir, en Tunisie, des écoles destinées à y maintenir son influence et qui n'a pas hésité à manifester son mécontentement au sujet des mesures prises à Malte par les Anglais contre l'enseignement de l'italien.

D'ailleurs, si desséchée qu'elle soit, la Tripolitaine est encore trop verte et il y a loin, parfois, de la coupe aux lèvres.

G. du Boscq de Beaumont,
Missionnaire de l'Alliance française.

REVUE ANNUELLE DE ZOOLOGIE

En prenant ici la place que M. Koehler a désiré quitter et qu'il occupait les années précédentes avec tant de compétence, de clarté et de largeur de vues, nous remercions tout d'abord la Direction de la *Revue* pour l'honneur qu'elle nous fait en nous confiant cette succession. Nous avons, pour nous guider, des traditions que nous nous efforcerons de continuer. Le bilan scientifique d'une année en Zoologie est toujours difficile, impossible même à établir d'une façon exacte. Non seulement la dispersion, la variété et l'abondance extrême des matériaux en rendent une vue d'ensemble immédiate très problématique; mais, à côté des actualités plus frappantes, que le hasard des recherches amène au jour chaque année, la grande masse du travail accompli a pour résultat une évolution lente et régulière, qui ne devient perceptible qu'avec un certain recul.

Si l'on regarde, en ce moment, en arrière, on a l'impression que la Zoologie est dans une période de transition. Elle a été dominée, fascinée même, pendant près de trente ans, par les formules brèves et catégoriques dans lesquelles on avait résumé la Théorie de la Descendance appliquée aux problèmes anatomiques et embryologiques. Il y eut là une période de construction à outrance, où toutes les audaces parurent légitimes, et que l'on pourrait appeler la période *morphologique* de la Zoologie, parce que tous les autres aspects s'effacèrent devant la reconstitution des *formes* et de leur enchaînement. Cette période nous paraît close. Elle a été extrêmement féconde; elle serait stérilisante si elle se maintenait exclusive. D'ailleurs, il est indéniable que les faits ne se sont pas rangés dans les cadres tracés d'avance, avec toute la simplicité que l'on avait espérée. L'édifice demeure, mais se tasse. L'heure est, dans cette direction même, aux travaux de détail; on hésite devant les grandes synthèses morphologiques. Beaucoup de résultats acquis sous cette inspiration sont à peu près impossibles à résumer en quelques lignes.

La *forme* ne domine donc plus d'une façon pres-

que absolue la Zoologie, comme c'était le cas il y a peu d'années encore. On revient à un examen bien plus complexe de l'être vivant. Des sciences comme la Physiologie, la Microbiologie, etc., qui, par les nécessités de la réalité pratique, s'étaient si complètement individualisées, pénètrent de nouveau intimement la Zoologie proprement dite. Il suffit de réfléchir à ce que sont devenus quelques problèmes naguère absolument morphologiques pour reconnaître cette tendance, à notre avis capitale à noter.

De l'Embryogénie morphologique, est sorti cet ensemble si complexe de travaux que les Allemands appellent d'un mot l'*Entwicklungsmechanik* et que Driesch désigne maintenant, d'une façon peut-être plus exacte, sous le nom de Physiologie du développement. Le problème de la fécondation a dépouillé aussi son aspect purement morphologique. La théorie de la phagocytose, avec ses conséquences toujours plus lointaines, a beaucoup contribué également à saper la considération exclusive de la forme. Nous la voyons aujourd'hui, élargie dans sa conception primitive, tendre à dominer toute l'évolution individuelle, jouer un rôle important dans les métamorphoses des organismes jeunes et tenter d'expliquer le mécanisme de leur vieillesse.

Toutes ces tendances nous paraissent en quelque sorte synergiques et aussi, malgré les ruines et les faillites partielles qui s'accumulent, très consolantes, quant à l'efficacité de la méthode scientifique. Car les grandes lignes de la période précédente demeurent et ont gagné en solidité ; et, si l'on réfléchit, on constate que presque toutes les parties de la Zoologie convergent de plus en plus vers un même point central. Chaque fois que l'on s'élève au-dessus du fait particulier et du détail, on est ramené à des problèmes *cellulaires*. L'étude large de la cellule, non pas seulement morphologique, mais chimique, physique, physiologique, domine toutes les questions actuelles, et l'on peut dire que les parties de la Zoologie qui progressent le plus sont précisément celles qui se rattachent plus immédiatement aux problèmes proprement cellulaires. Cela se dégagerait avec netteté des revues précédemment publiées ici. Un exemple particulier le montrera. De tous les embranchements zoologiques, celui qui, depuis dix ans, a fourni, à tous égards, le plus de résultats nouveaux est l'embranchement des Protozoaires, où les questions sont presque nécessairement d'ordre cytologique. Et pour les Métazoaires mêmes, il suffit de songer à l'énorme développement qu'ont pris les questions d'ovogénèse et de spermatogénèse, de segmentation, etc..., pour en arriver à la même conclusion. Si l'on voulait donc caractériser l'orientation générale de la Zoologie à l'heure actuelle, il ne nous semblerait pas téméraire de dire qu'elle est dans une phase *cytologique*.

Il est évident que tout ne se ramène pas là ; nous ne voulons indiquer ainsi que la tendance prédominante. Ces considérations générales nous semblaient nécessaires pour permettre d'apprécier la place ou l'importance des divers travaux que nous analyserons. Elles expliqueront aussi que, sans vouloir empiéter sur le domaine d'autres collaborateurs de la *Revue*, nous devons envisager les multiples aspects de la Zoologie, et noter les résultats qui, dans des domaines particuliers tels que la Cytologie, l'Embryologie, la Physiologie ou d'autres, concourent à un progrès général.

I. — Biologie générale (Évolution, Hérédité, Sexe, etc.).

Dans l'examen critique auquel est soumise, sans trêve, depuis quarante ans, l'idée transformiste en général, une des méthodes qui ont prétendu à en fournir un contrôle précis est naturellement celle qui consistait à soumettre les variations constatées à des mensurations et à des statistiques numériques. F. Galton, puis W. F. R. Weldon et C. B. Davenport en sont parmi les principaux représentants. K. Pearson s'efforce d'en tirer une théorie mathématique de l'évolution. Ces efforts individuels aboutissent maintenant à la constitution d'un périodique spécial pour les travaux de ce genre, qui a vu le jour il y a un an, sous le titre de *Biometrica*, journal pour l'étude statistique des problèmes biologiques ; il en est à son second volume ; les premiers mémoires de la collection sont surtout relatifs à l'étude du squelette, une des parties des organismes les plus propres à des mensurations précises ; ce sont aussi les groupes affectionnés des collectionneurs (Oiseaux, Insectes, Mollusques) qui sont les premiers accessibles. A signaler aussi dans cette direction les très méthodiques recherches de M. G. Coutagne sur les vers à soie [1].

D'autre part, les vingt-cinq dernières années ont été un perpétuel combat entre les représentants des deux principales théories sur le mécanisme cosmique, en quelque sorte, de l'évolution, le Lamarckisme et le Darwinisme, l'un et l'autre modernisés ; ce champ de discussion vient d'être renouvelé et revivifié certainement par les remarquables travaux de de Vries [2] sur les *mutations*. Quoique ayant porté sur des plantes, ils sont de première importance pour toutes les questions d'évolution dans le

[1] *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1902, et *Bull. scientif.*, t. XXXVII.

[2] Hugo de Vries : *Die Mutationstheorie*, Leipzig, 1901-1903, 2 vol. ; le 2e est en cours de publication.

règne animal. Dans des cultures poursuivies pendant plusieurs années, de Vries a vu l'*Œnothera lamarckiana*, espèce probablement d'origine américaine, introduite en Europe depuis au moins un siècle, donner *soudainement* une série (une douzaine) de formes nouvelles, *se distinguant presque dans tous leurs caractères de l'espèce-mère*, et correspondant par là aux petites espèces sauvages (espèces jordaniennes, espèces *élémentaires* de de Vries) et non aux variétés des plantes cultivées. Il n'y a pas ici variation continue et infinitésimale, comme l'est la variation lamarckienne ou darwinienne, mais passage brusque d'une forme à une autre. De plus, alors que la variation obtenue par sélection artificielle, par exemple, est précaire et retourne au type dès que la cause sélectionnante cesse d'agir, la *mutation* (de Vries a pu le vérifier pour la moitié de ses espèces) est d'emblée fixe et héréditaire; elle a tous les caractères de l'espèce autonome. Point n'est besoin de souligner l'importance de pareilles constatations, qui donnent la réalité du fait à la conception d'une évolution discontinue, formulée depuis longtemps.

Malgré de très nombreux essais, de Vries n'a obtenu ces mutations qu'avec l'*Œ. lamarckiana*[1]. Il en conclut que l'espèce est chose habituellement fixe, mais qu'à certaines périodes, elle est en état de mutation. Quel est le déterminisme de cet état? Nous n'en savons rien encore. Le milieu extérieur n'est vraisemblablement pas sans action; l'*Œ. lamarckiana* est une plante importée; à cette circonstance peut tenir l'instabilité de son équilibre, qui a été latente pendant une assez longue période de temps (période de *prémutation*).

Peut-être faut-il, comme le pense de Vries, ranger dans les mutations toutes ces variétés que présentent certaines espèces de Papillons, variétés si bien tranchées que Standfuss se représente leur production comme une sorte d'*explosion*, aux dépens d'une espèce à caractères bien uniformes.

Sans pénétrer davantage dans l'analyse, on conçoit l'importance capitale des mutations dans la théorie évolutionniste.

Des remarques d'un autre botaniste, le moine Gregor Mendel, sorties de cultures sur le genre *Pisum*, reviennent à la lumière, après trente-cinq ans d'un oubli complet. Elles paraissent susceptibles d'une application très étendue aux problèmes de l'hérédité. Croisons deux variétés A et B, différant par un certain caractère, et supposons que les produits soient du type A; nous dirons alors que le caractère α propre à A est *dominant* par rapport à celui β de B, qui est *récessif* (ou *dominé*). C'est la première remarque de Mendel. Mais croisons entre eux ces produits du type A ou, dans le cas des plantes, pratiquons l'auto-fécondation; nous obtiendrons 3/4 d'individus A et 1/4 d'individus B. Le croisement avec des A purs donnera des A; avec des B, moitié A et moitié B. On aura une explication satisfaisante de ces proportions en admettant que, *dans les gamètes du premier croisement, il y a disjonction des caractères* α *et* β, la moitié est du type α, l'autre moitié du type β. C'est la seconde loi de Mendel[1]. Les inter-croisements doivent, d'après la loi des probabilités, donner en nombres égaux les combinaisons $\alpha\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\alpha$, $\beta\beta$; les trois premières se présentent sous la forme A[2], puisque α est dominant et β récessif; le quatrième quart est du type B. On s'explique de même les croisements avec des A ou des B purs.

Beaucoup de faits d'hérédité paraissent ainsi suivre les lois de Mendel.

Les botanistes (de Vries, Correns, Tschermak, Bateson et miss Saunders, etc.) en ont déjà signalé un certain nombre; les conditions de culture des espèces végétales, la facilité de l'auto-fécondation, sont propices à des recherches de ce genre. Pour les animaux, Bateson et miss Saunders[3], Cuénot[4], Castle[5], etc., en ont fait application, les premiers à certaines variétés de volailles, les autres au croisement de souris blanches, noires et grises : le pigment gris est dominant par rapport au blanc et au noir; ce dernier est dominant par rapport au blanc. Castle[6] a fait de ces lois une des bases d'une théorie sur l'hérédité du sexe, etc.

Tout en reconnaissant que la première loi de Mendel paraît trouver fréquemment son application, il ne faut pas oublier, ainsi que l'observe Correns, dans un travail qui vient de paraître[7], que la « domination » totale d'un caractère est, au moins, plus rare qu'on ne l'a supposé. Le plus souvent, il n'y a pas de caractères complètement dominants ou complètement récessifs; les produits

[1] Il a, en particulier, échoué avec les *Capsella bursa-pastoris* des environs d'Amsterdam. De Solms-Laubach (*Bot. Zeit.*, 1900), en revanche, a trouvé cette espèce en mutation aux environs de Landau.

[1] Cette loi de la *pureté des gamètes* constitue, bien plus que la loi de *dominance*, la découverte capitale de Mendel : elle est d'ailleurs bien plus générale, car elle s'applique à des cas d'hybridation qui ne suivent pas la loi de dominance.

[2] L'expérience prouve que, conformément aux prévisions, les 2/3 de ces A sont du type hybride, 1/3 seulement du type pur.

[3] *Royal Society. — Reports to the Evolution Committee*, 1902.

[4] *C. R. Soc. Biologie*, 12 avril 1902 et 13 mars 1903. — *Arch. Zool expér.*, t. X, 1902. N. et R.

[5] *Proc. americ. Acad. Arts a. Sciences*, t. XXXVIII, janv. 1903. — Ce travail est un exposé lumineux de tout ce qui a trait aux lois de Mendel, à leurs complications, surtout dans le cas où les variétés diffèrent par plus d'un caractère, à leur portée, etc.

[6] *Bull. Mus. Comp. Zool.*, XL, 1903.

[7] *Berichte d. d. botan. Ges.*, t. XXI, fasc. 2, 1903.

de croisement ont des caractères qui leur sont propres.

Giard[1], tout récemment, a noté ce fait, très intéressant, que, si l'on croise des canaris et des chardonnerets, tous les jeunes ont le caractère chardonneret, qui paraît ainsi dominant; mais, chez l'adulte, les caractères des deux parents sont juxtaposés.

La faveur dont jouissent les lois de Mendel en ce moment, suscitant de nombreuses expériences, promet une moisson féconde, et ces lois elles-mêmes semblent être des guides subtils dans des recherches d'une grande complexité.

La deuxième loi de Mendel se concilierait difficilement, ce semble, avec la représentation de l'hérédité qui ressort des travaux de V. Häcker[2] et de Rückert, principalement sur les Copépodes. Observant la constitution du noyau des cellules, depuis la conjugaison des pronucléi dans l'œuf jusqu'à la formation des gamètes dans l'individu adulte, Häcker y constate une dualité persistante (forme de la figure de reconstitution des noyaux après les karyokinèses, dualité prolongée du nucléole, etc...), et il en conclut que, dans les divers tissus de l'individu issu d'une fécondation, il y a simplement juxtaposition et non fusion des chromatines (et par suite des hérédités) paternelle et maternelle. La fusion ne se produirait précisément qu'au moment des divisions maturatives de l'ovule et des spermatocytes (c'est-à-dire au moment où, au contraire, la loi de Mendel suppose une disjonction des caractères héréditaires). Ces déductions sont très ingénieuses, mais il faut se demander si les observations de fait sur lesquelles se fonde Häcker ne sont pas une base un peu fragile de conclusions aussi amples, même limitées au cas des Copépodes étudiés.

Le problème du déterminisme du sexe sera longtemps encore d'actualité. Cuénot a montré, il y a peu d'années, combien peu de faits réputés acquis résistent à la critique. Le cas des Abeilles, où la parthénogénèse détermine le sexe mâle, la fécondation, le sexe femelle, est manifestement exceptionnel, mais paraît le plus solidement établi. Cependant, un apiculteur de Darmstadt, Dickel, a combattu et prétendu renverser par des expériences la théorie de Dzierzon. Avec la technique actuelle, il était possible d'instituer une vérification de fait. On peut, en effet, vérifier si les œufs pondus dans des cellules réservées aux mâles sont ou non fécondés. Vérification analogue pour les femelles. Cette vérification a été faite sur un grand nombre d'œufs par Petrunkevitch[3] avec le concours même de Dickel et a conduit à une confirmation complète de la loi de Dzierzon. Des erreurs d'étiquettes dans les envois de Dickel ont été décelées par la loi elle-même, qui paraît maintenant hors de doute.

Chez les Phasmes, les observations méthodiques assez nombreuses de de Sinéty[1], d'accord avec les statistiques qui se dégagent de récoltes non systématiques d'individus dans la Nature, conduisent à admettre un déterminisme du sexe, inverse de celui de l'abeille. L'œuf non fécondé paraît produire toujours une femelle. D'ailleurs, chez beaucoup d'animaux, la parthénogénèse périodique donne naissance, pendant des saisons entières, à des femelles. Si l'on sort de ces cas particuliers, les travaux sur le déterminisme du sexe en général sont nécessairement d'ordre très théorique. Il peut être néanmoins intéressant et suggestif d'en examiner rapidement quelques-uns.

La plupart des auteurs inclinent à croire le sexe fixé définitivement avant la fécondation ou immédiatement après elle, et à regarder comme inefficaces toutes actions postérieures du milieu. Nous trouvons cette idée chez Lenhossek[2], chez Castle[3], chez Beard[4]. Dans certaines espèces (*Dinophilus apatris*, Rotifères, Pucerons), il y a un dimorphisme des œufs, et l'on sait que chaque forme d'œufs produit toujours le même sexe; les auteurs cités admettent que la qualité des œufs, manifeste matériellement dans les cas précédents, ne serait pas moins réelle, quoique latente, dans le cas général. Il y aurait des œufs mâles et des œufs femelles. Pour Lenhossek, le spermatozoïde n'aurait pas d'action déterminante sur le sexe et, pour influer sur celui-ci, il faudrait agir sur l'ovule avant les divisions maturatives. Pour Castle, les deux gamètes mûrs ont chacun un sexe, désormais invariable, et qui s'est déterminé lors des divisions maturatives; il y a des spermatozoïdes mâles et des spermatozoïdes femelles aussi bien que des ovules, et sont seules fécondes les conjugaisons entre ovules et spermatozoïdes possédant des sexes opposés. Quant à la détermination du sexe du produit, elle suit la loi de Mendel. Beard, comme Castle, suppose quatre catégories de gamètes, et, pour justifier la dualité des spermatozoïdes, il invoque la double spermatogénèse des Prosobranches et de quelques autres formes. Mais il pose, en outre, en principe, d'une façon tout à fait injustifiée à notre avis (v. *infra* Spermatogénèse), que l'une des deux catégories de spermies (les

[1] *C. R. Soc. Biologie*, 28 mars 1903.
[2] *Jen. Zeitsch. f. Naturwiss.*, N. F., t. XXXVII.
[3] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. Anat.*), t. XIV, 1901.

[1] *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1902.
[2] Das Problem der Geschlechtsbestimmenden Ursachen, Jena, 1903.
[3] *Bull. Mus. comp. Zool.*, t. XL.
[4] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. Anat.*), t. XVI, 1902.

spermatozoïdes dits vermiformes chez la Paludine, par exemple) ne serait pas fonctionnelle, et, suivant lui, le spermatozoïde n'influerait pas sur le sexe du produit, mais aurait pour seul rôle d'assurer l'*amphimixis*; quant au sexe, il se déterminerait dans l'ovule lors des divisions maturatives. Ces diverses conceptions sont donc, en somme, très proches parentes et nous ne les détaillerons pas davantage, en raison de leur caractère essentiellement théorique.

II. — Embryologie générale. — Spermatogénèse et Ovogénèse. — Parthénogénèse et fécondation. — Régénération.

Nous mentionnerons ici l'apparition des deux premiers fascicules du traité d'Embryologie des Invertébrés de Korschelt et Heider ; ils en commencent la seconde édition et complètent la première en y ajoutant une partie générale. Il n'y a plus à faire l'éloge de ce traité, où la personnalité des auteurs s'efface discrètement pour ne laisser subsister qu'une documentation abondante et fidèle, de sorte que le livre est l'inventaire exact et méthodique de nos connaissances. On trouvera dans ces fascicules la première coordination de toutes les recherches d'Embryologie expérimentale (*Entwicklungsmechanik*), le tableau détaillé de l'état actuel de la spermatogénèse, de l'ovogénèse et de la fécondation.

Parmi les travaux sur la spermatogénèse, il faut faire une place toute spéciale aux recherches de Meves sur la Paludine et sur un Lépidoptère (*Pygœra*) du groupe des Bombyciens. Meves est un des auteurs qui ont le plus contribué à faire avancer nos connaissances sur la spermatogénèse, à y saisir l'évolution des diverses parties de la cellule, noyau, centrosome, sphère attractive, etc.[1] Le Mémoire que nous allons analyser[2] offre un intérêt capital, par la nouveauté et l'imprévu des résultats et par les perspectives qu'il découvre, à la fois dans la Cytologie et dans les théories générales de la fécondation. On sait depuis longtemps que, chez beaucoup de Mollusques Prosobranches, il existe deux formes de spermatozoïdes : l'une petite, et du type habituel, l'autre beaucoup plus grande, avec plusieurs cils, et généralement appelée *vermiforme*. La signification de ce dimorphisme est inconnue et l'on regardait les spermatozoïdes vermiformes comme non fonctionnels. Nous avons retrouvé la trace de cette opinion à propos des théories de Beard sur le sexe. Meves vient de retracer, de la façon la plus complète, la spermatogénèse pour l'une et l'autre catégorie. Elle est normale pour les spermatozoïdes typiques, mais il n'en est pas de même pour les autres. Elle se sépare dès la période de croissance des spermatocytes. Ceux de ces éléments qui produiront des spermatozoïdes vermiformes s'accroissent beaucoup plus et la sphère attractive y prend, elle aussi, un grand développement. Au moment de la première division des spermatocytes, le centrosome se résout en une série de grains ; quant aux chromosomes, un petit nombre d'entre eux seulement participe à la reconstitution du noyau, les autres étant appelés à dégénérer. Lors de la seconde division des spermatocytes (qui aboutit à la formation des spermatides), les grains en lesquels se sont résolus les centrosomes se dispersent dans la cellule, chacun devenant un centre partiel d'attraction, puis finalement ils se groupent aux deux pôles, et, en rapport avec chacun d'eux, se différencie un des cils des futurs spermatozoïdes vermiformes. Cette évolution particulière des centrosomes est des plus intéressantes ; leur émiettement suggère une analogie avec les figures achromatiques multipolaires, dans la karyokinèse des végétaux supérieurs, où jusqu'ici les centrosomes n'ont pas été retrouvés d'une façon indéniable ; et, d'autre part, les rapports finaux de ces grains et des prolongements ciliaires ajoutent un argument de poids à l'assimilation des granulations basilaires des cils, dans les diverses cellules, avec des productions centrosomatiques. Enfin, lorsque la spermatide se transforme en un spermatozoïde, le noyau de celui-ci (par suite de la dégénérescence des chromosomes lors des deux divisions du spermatocyte) ne renferme plus qu'une très faible proportion (1 chromosome au lieu de 14) de la chromatine des spermatocytes. Là est la grande nouveauté du travail de Meves qui, en conséquence, propose d'appeler *eupyrènes* (πυρήν, noyau) les spermatozoïdes normaux et *oligopyrènes* les spermatozoïdes vermiformes. Chez le *Pygœra* (un Bombycien), la seconde forme de spermatozoïdes est finalement dépourvue de toute chromatine ; Meves l'appelle *apyrène*. Nul doute que ces résultats ne soient, à des détails près, généralisés chez les autres Prosobranches ou Bombyciens à spermatozoïdes dimorphes et étendus à d'autres groupes. Déjà, Nils Holmgren[1] aurait trouvé des faits analogues (deux catégories de spermatogonies) chez les Staphylins, Voinow[2] chez les Dytisciens, et tout récemment Bouin[3] a annoncé des résultats parallèles à ceux de Meves chez le *Scolopendra morsitans*. Toute cette évolution si régulière écarte l'idée que les

[1] Voir la revue d'ensemble qu'il vient de publier sur la spermatogénèse dans les *Ergebnisse der Anat. u. Entwicklungsgesch.*, t. XI.
[2] *Arch. f. mikr. Anat.*, t. LXI, 1902.

[1] *Anat. Anz.*, t. XIX.
[2] *C. R. Ac. Sciences*, 21 juillet 1902.
[3] *Arch. Zool. expérim.*, N. et R., (4), t. I, 1903.

spermatozoïdes oligopyrènes ou apyrènes ne seraient pas fonctionnels. Mais, d'abord, la notion d'un spermatozoïde apyrène constitue presque une révolution, si l'on songe que le spermatozoïde était regardé comme une cellule composée presque uniquement de chromatine. En second lieu, il sera très intéressant d'étudier comment se comportent ces spermatozoïdes dans la fécondation. La technique actuelle permet d'espérer qu'on saura distinguer, sans hésiter, les figures de fécondation qui en proviennent, et l'on aura peut-être, avec les spermatozoïdes apyrènes, un exemple naturel de la dissociation des deux fonctions que l'on est amené *actuellement* à attribuer au spermatozoïde : celle d'excitateur (par son centrosome [?]) déterminant la division de l'œuf, et celle (par son noyau) de véhicule de l'amphimixis. Ce travail est donc gros de conséquences, et c'est pourquoi nous l'avons un peu longuement analysé.

Il nous amène aussi naturellement, par ces dernières considérations, aux recherches sur la parthénogénèse expérimentale, dont M. Kœhler a, dès la première heure, souligné, ici même, l'exceptionnel intérêt. Elle continue à susciter des travaux nombreux, variés et intéressants. Loeb n'a pas fait une étude histologique ni anatomique des processus du développement parthénogénétique expérimental, et les quelques figures qu'il en a publiées, les résultats obtenus de divers côtés suffisent à montrer qu'il y a, au moins dans certains cas, des différences énormes avec le développement normal. Aujourd'hui, les auteurs entreprennent de préciser ces différences. Wassilief[1], élève de R. Hertwig (dont les expériences sur l'action de la strychnine sur les œufs des Echinodermes constituent un travail précurseur de la découverte de Lœb), étudie en particulier la première division karyokinétique et montre que la réaction de l'œuf varie beaucoup avec l'agent chimique employé; la nicotine provoque la métamorphose du noyau, mais ne produit pas de radiations protoplasmiques au début; la strychnine provoque une figure karyokinétique où les chromosomes s'individualisent très tard et les centrosomes plus tard encore. Ed. B. Wilson[2] a étudié spécialement la réaction des œufs au $MgCl^2$. Nous retiendrons surtout de son important Mémoire l'apparition, dans le cytoplasme de l'œuf, sous l'influence du réactif, de nombreux centres d'attraction ou *cytasters*, même dans des fragments d'œufs entièrement dépourvus de noyau. Ces cytasters attirent les chromosomes qui se trouvent dans leur voisinage; au centre de chacun d'eux, on constate un granule qui a toutes les propriétés d'un centrosome. Ce dernier résultat a une grande importance, car il paraît bien indiquer la production spontanée de grains centrosomiques dans l'œuf, où, normalement, on n'en peut déceler. Meves (*l. c.*) ne peut toutefois accepter cette interprétation et suggère qu'il y a eu peut-être, sous l'action de $MgCl^2$, émiettement du centrosome en une série de grains qui se manifestent dans les cytasters (cf. les divisions des spermatocytes de Paludine). La pluralité des asters explique que la division de l'œuf se fasse d'une façon variable au début et différente de la normale; les larves obtenues, blastulas, gastrulas, pluteus même, sont souvent anormales.

Le cas extrême de ces anomalies de développement est certainement celui que F. R. Lillie[1] a observé dans la parthénogénèse artificielle du Chétoptère. Là, après l'action temporaire de KCl, l'œuf acquiert une ciliation, prend une forme rappelant la trochosphère et garde cependant une structure unicellulaire et généralement mononucléaire. Il est évident que de pareilles formations, intéressantes au point de vue théorique, ne sont pas viables; peut-on même les considérer vraiment comme un développement?

On voit quelle variété de phénomènes et combien le déterminisme en est encore à préciser. En face de ces développements, dont l'anomalie est parfois déconcertante, nous placerons les derniers travaux de Delage[2] qui constituent certainement la réussite expérimentale la plus complète dans cette voie.

En plongeant des œufs vierges d'*Asterias glacialis*, *pendant l'expulsion des globules polaires*, dans de l'eau de mer chargée de CO^2 à la pression normale, il a vu les phénomènes de maturation s'arrêter. Si, après un séjour d'environ une heure dans la solution de CO^2, on replace les œufs dans l'eau de mer ordinaire, *tous* se développent avec régularité, donnant des blastulas, gastrulas et des larves *Auricularia*, qui étaient encore vivantes au bout de plusieurs semaines. D'après Delage, le développement des œufs serait même plus facile à obtenir par cette parthénogénèse expérimentale que par la fécondation. Quant à l'explication (qui n'est, somme toute, qu'une constatation de faits) de l'action de CO^2, Delage y voit une inhibition suspendant la maturation et amenant une perturbation dans le mécanisme, si exceptionnel au point de vue cytologique, qu'est l'expulsion des globules polaires. Quand l'inhibition est levée, l'œuf, par suite de cette perturbation, ne se divise plus en deux cellules extrêmement inégales, mais en deux cellules égales. Au lieu d'expulser des globules polaires, il se segmente.

[1] *Biol. Centrbl.*, t. XXII, 15 décembre 1902.
[2] *Arch. für Entwickl. mech.*, t. XII, 1901.

[1] *Arch. f. Entwicklungsmech.*, t. XIV, 1902.
[2] *Arch. Zool. expérim.*, (3), t. X, 1902.

Delage ne fait donc pas intervenir la variation de pression osmotique. Cette cause, invoquée dès le début de cet ordre de recherches, n'est certainement pas la seule qui entre en jeu. Loeb[1] a montré le rôle spécifique des ions K et jusqu'à un certain degré des ions H dans le développement parthénogénétique des œufs de Chétoptère; plus récemment, son élève M. H. Fischer[2] a reconnu le rôle également spécifique des ions Ca pour l'œuf d'une autre Annélide (*Amphitrite*). On a vu le rôle de l'agitation (Matthews pour les œufs d'*Asterias*, Loeb et Fischer pour les œufs d'*Amphitrite*), le rôle de l'élévation de la température (Delage pour les œufs d'*Asterias*), de l'abaissement de la température (Greeley, également pour les œufs d'*Asterias*). Il apparaît évident que le déterminisme de tous ces faits est des plus complexes et il n'en ressort rien de précis au point de vue du mécanisme par lequel le spermatozoïde détermine le développement de l'œuf. Divers essais récents pour extraire des spermatozoïdes une diastase possédant quelque pouvoir sur l'œuf ont échoué.

Dans les expériences de parthénogénèse expérimentale et aussi dans celles de mérotomie, il reste, entre Delage et les autres auteurs, une divergence sur un point d'importance capitale, le nombre des chromosomes dans les divisions cellulaires consécutives. D'après Delage, bien qu'il n'y ait, à l'origine de ces développements, qu'un seul pronucléus (femelle ou mâle, suivant le cas), le nombre des chromosomes ne reste pas la moitié du nombre normal $\frac{n}{2}$, mais double par *autorégulation*. E. B. Wilson, dans le travail que nous analysons ci-dessus, n'a vu, au contraire, que $\frac{n}{2}$ chromosomes dans les embryons parthénogénétiques de *Toxopneustes*, et N. M. Stevens[3], effectuant des expériences de mérotomie sur l'*Echinus microtuberculatus*, n'a pas constaté l'autorégulation numérique des chromosomes comme le veut Delage. Tout cela montre que ces questions sont pleinement à l'étude et peuvent donner encore bien des résultats de première importance pour la Cytologie générale.

La parthénogénèse normale, la structure normale de l'œuf, les circonstances de la fécondation ne sont pas des champs d'investigation moins féconds en ce moment. Signalons d'abord un travail de R. Buller[4] : par des expériences variées, il a vu que, chez les divers Échinodermes, il n'y a pas d'attraction chimiotactique du spermatozoïde par l'œuf. La rencontre de ces deux éléments serait seulement la conséquence de la mobilité *non dirigée* de l'élément mâle. Ce travail sera peut-être accueilli avec scepticisme, et il suscitera certainement des vérifications. Pourtant, les conclusions de l'auteur s'accordent avec celles, déjà anciennes, de Dewitz (1886) pour les spermatozoïdes de la Blatte, et de Massart (1888-1889) pour ceux de grenouille. Ces auteurs ont, en revanche, nettement mis en évidence une sensibilité des spermatozoïdes au contact des corps solides (*tigmotactisme*), et ils expliquent ainsi qu'ils soient retenus au contact de l'œuf et qu'ils pénètrent à son intérieur en traversant une couche gélatineuse plus ou moins épaisse. Dewitz vient, d'ailleurs, tout récemment[1] de revenir sur ce sujet pour préciser le mécanisme de la pénétration.

Dans une autre direction, Boveri[2] a mis nettement en évidence la polarité de l'œuf de l'oursin (*Strongylocentrotus*). Il y a un axe de l'œuf déterminé vraisemblablement dès le stade d'ovocyte encore fixé à l'ovaire et marqué à l'une de ses extrémités par un canal percé dans la gelée qui enveloppe l'œuf. C'est à l'extrémité de l'axe placée du côté de ce canal que s'effectue nécessairement la sortie des globules polaires, et qu'est donc nécessairement placé ensuite le pôle animal. Il y a là un document précis versé dans la grande question de l'isotropie ou de la polarité de l'œuf.

Enfin, il nous faut revenir ici aux Mémoires de Petrunkevitch[3] sur les œufs des abeilles, pour signaler des faits annoncés par l'auteur relativement à la destinée des globules polaires et qui auront une extrême importance s'ils sont définitivement établis. Dans les œufs fécondés et dans les œufs parthénogénétiques, le premier globule polaire se divise en deux, et à ce moment le nombre des chromosomes s'abaisse à $\frac{n}{2}$; il en est de même lors de la séparation du second globule et du pronucléus femelle; mais ensuite on voit se conjuguer le second globule polaire avec celle des moitiés du premier qui est la plus interne; il se forme ainsi un noyau de conjugaison (*Richtungscopulationskern*), ayant le nombre de chromosomes normal. Or, tandis que, dans les œufs fécondés, ce noyau de conjugaison ne donnerait, par deux divisions, que quatre cellules s'atrophiant ensuite, il serait chez les œufs parthénogénétiques, le point de départ d'une série de divisions, et les cellules ainsi formées ne seraient autres que les cellules primordiales du testicule. Petrunkevitch dit avoir pu en suivre la filiation à travers tout le développement. On appréciera sans peine la difficulté énorme qu'il y a à établir d'une manière irré-

[1] *Americ. Journ. of Physiology*, t. IV, Janvier 1901.
[2] *Americ. Journ. of Physiology*, t. VII, 1902.
[3] *Arch. f. Entwickl. mech.*, t. XV, 1902.
[4] *Quart. Journ. of micr. Science*, t. XLVI.

[1] *Archiv f. Anat. u. Physiol.*, *physiol. Abth.*, 1903.
[2] *Zool. Jahrb.*, *Anat.*, t. XIV.
[3] *Zool. Jahrb.*, *Anat.*, t. XIV, 1901, et t. XVII, 1903.

futable ce résultat passablement révolutionnaire, et, sans le mettre en doute, nous souhaiterons en voir surgir des vérifications. Au cours du même mémoire, Petrunkevitch considère d'ailleurs comme pathologique la conjugaison du deuxième globule polaire et du pronucléus femelle, que Brauer avait décrite comme normale chez une partie des œufs parthénogénétiques d'*Artemia*, et l'on sait l'importance capitale qu'on avait attachée à cette observation. Il convient donc de noter avec soin toutes ces constatations si suggestives, mais d'en souhaiter de multiples vérifications, et de garder provisoirement une certaine prudence à s'en servir. Malheureusement, c'est souvent sur des résultats de cet ordre, contestés le lendemain, qu'on édifie les théories générales brillantes et éphémères, et le bouleversement incessant des généralisations de la veille n'est pas sans amener le désarroi dans les esprits et provoquer parfois un fâcheux scepticisme.

Nous voudrions encore, si la place ne nous était pas mesurée, insister quelque peu sur divers travaux de Boveri, où il continue à montrer tant de perspicacité dans l'analyse des phénomènes nucléaires. Les anomalies de segmentation dans les œufs d'oursin fécondés par deux spermatozoïdes, et qui donnent immédiatement une division en quatre cellules, mais dont les quatre noyaux ne sont pas identiques comme composition, l'ont conduit à des remarques extrêmement intéressantes [1]. Il fait des mitoses multipolaires qui se produisent là un précieux moyen d'analyse qualitative des diverses parties chromatiques du noyau.

A l'Embryogénie générale se rattachent intimement les études sur la régénération, qui continuent à être des plus nombreuses. L'ensemble des questions qui se posent à ce propos est examiné dans un livre publié en 1902 avec le titre *Regeneration*, par T. H. Morgan [2], un des auteurs à qui l'on doit le plus de recherches particulières importantes dans ce domaine. Parmi les travaux récents, l'une des tendances principales est de rechercher l'influence du système nerveux sur les phénomènes régénératifs. Morgan [3] a constaté ainsi que, si l'on coupe l'extrémité antérieure d'une Oligochète et si on enlève en outre, sur une certaine longueur, la chaîne nerveuse du fragment postérieur, en arrière de la section, la régénération de l'extrémité antérieure se fait seulement à partir du point où le système nerveux a été respecté. Des expériences variées, inspirées par la même préoccupation générale, ont été instituées sur les Batraciens (Grenouille, Axolotl), adultes ou larvaires, par Rubin [1], par Morgan et Davis [2], et sur les Planaires, par C. R. Bardeen [3]. Les résultats varient avec les conditions de l'expérience, et nous ne pouvons ici que mentionner toute cette catégorie de travaux. Bardeen et Morgan ont cherché à préciser dans ces régénérations le déterminisme des hétéromorphoses, sur lesquelles Loeb, il y a dix ans, a été l'un des premiers à attirer l'attention d'une façon systématique.

[1] *Verhdl. Phys.-Med. Gesells. Wurzburg.*, t. XXXV, 1902.
[2] *Columbia University Biological Series*, t. VII.
[3] *Arch. f. Entwickl. mech.*, t. XV.

III. — Protozoaires.

Les revues précédentes ont signalé chaque année les progrès rapides réalisés dans la connaissance des Protozoaires, qui ont en même temps amené tant d'éclaircissements dans diverses questions de Cytologie générale ou de Pathologie humaine ou comparée. Il est donc naturel que l'on voie à l'heure actuelle éclore des synthèses de ces divers résultats. Ce sont des traités; tel est celui de Doflein [4] sur les Protozoaires pathogènes, dont la documentation n'est malheureusement ni très complète ni toujours de première main, mais qui, par son extrême clarté de plan et d'exposition, peut rendre de grands services, non seulement aux médecins et aux vétérinaires, mais aussi aux zoologistes. Telle est surtout la nouvelle édition du *Traité d'Anatomie comparée* de Lang, dont un fascicule, paru en 1901 et consacré aux Protozoaires, est en soi un véritable traité, dont on ne peut que louer la documentation solide et judicieuse. Nous regrettons seulement, pour notre part, la dispersion qui résulte nécessairement du plan adopté. Le sujet se prêtait mieux à un exposé par groupes zoologiques que sous forme d'anatomie comparée. Un troisième et très original livre du même genre, dû à Calkins [5], paraissait en même temps en Amérique.

Non moins caractéristique est l'apparition d'un périodique consacré spécialement aux Protozoaires, l'*Archiv für Protistenkunde*, sous la direction de F. Schaudinn, l'auteur de nombreuses et magistrales recherches sur le cycle évolutif et la structure cytologique des Protozoaires les plus variés et même de Bactériacées. En moins d'une année, près de deux volumes ont déjà paru, groupant des savants de nationalités diverses et contenant d'importants Mémoires.

Ces dernières années ont vu entrer en scène, dans la Bactériologie, des organismes pathogènes si petits qu'ils sont à la limite de la visibilité avec

[1] *Arch. f. Entwickl. mech.*, t. XVI.
[2] *Ibid.*, t. XV.
[3] *Ibid.*, t. XVI.
[4] *Die Protozoen als Parasiten und Krankheitserreger*, Jena, G. Fischer, 1901.
[5] The Protozoa. *Colombia University Biological Serrie*, t. VI.

les plus forts grossissements de nos microscopes ou même au delà. En étudiant ainsi certains d'entre eux qui passent à travers les bougies Berkefeld, Borrel[1] a pu extraire, de l'eau des conduites de Paris, en culture pure, un être que sa mobilité, due à des prolongements raides du corps, sa division longitudinale; la présence d'un noyau bien distinct, l'ont amené à classer parmi les Protozoaires flagellés. Il en a fait le genre *Micromonas*, dont les dimensions sont de l'ordre de 0 μ 25. On peut bien prévoir qu'il n'est pas un cas unique.

Les Sporozoaires n'ont pas encore épuisé la curiosité des zoologistes. Léger[2], seul ou en collaboration avec Duboscq, nous a fait connaître cette année de nouveaux faits de sexualité avec hétérogamie chez les Grégarines. Schaudinn[3] a publié une étude des plus soignées du parasite de la fièvre tierce (*Pl. vivax*), qu'il croit spécifiquement distinct; nous aurons, une autre année, à juger avec de nouveaux documents l'unité ou la pluralité des espèces produisant les fièvres palustres.

Nous nous arrêterons plus longtemps à une série de remarquables travaux d'ordre physiologique et qui transportent dans le domaine des Protozoaires tout l'ensemble d'idées que Loeb a éveillé par la réalisation de la parthénogénèse expérimentale. Nous voulons parler des recherches de Calkins[4] sur le cycle évolutif des Infusoires. On admettait unanimement, suivant les conclusions du célèbre Mémoire de Maupas[5], qu'après un certain nombre de générations agames fissipares (150 à 350 suivant les espèces étudiées), l'infusoire manifestait une dégénérescence sénile le faisant périr si n'intervenait pas la conjugaison. Celle-ci, consistant en un échange de noyaux entre deux individus (d'ancêtres différents), avait donc la valeur d'un *rajeunissement karyogamique*, et apparaissait comme une phase nécessaire du cycle de chaque espèce. Sinon, le cilié *dégradé par la sénescence* « meurt, dit Maupas, comme l'œuf non fécondé, par incapacité naturelle et fondamentale de vivre[6] ». Calkins a repris les expériences de Maupas sur une espèce, le *Paramœcium caudatum*. Il a vu se produire la sénescence (sans toutefois y avoir observé les dégénérescences morphologiques signalées par Maupas, chez d'autres espèces d'ailleurs). Mais, guidé par les expériences de Loeb, où l'œuf vierge devient capable de développement sous l'influence d'agents chimiques, il a cherché à provoquer le rajeunissement de la Paramécie par des moyens chimiques.

La phrase de Maupas citée plus haut suggérait l'essai. Or, Calkins a réussi à obtenir ce rajeunissement (ou même à le *prévenir*), en transportant simplement ses Infusoires sénescents (ou non), *pendant quelque temps*, dans un nouveau milieu (adjonction de certains sels, substitution de bouillon de bœuf à l'infusion de foin), ou encore en faisant agir *d'une façon permanente* l'alcool, la strychnine, à dose convenablement calculée. Au 1er août 1902, il possédait ainsi une culture de Paramécies, qui avait atteint la 665e génération par scissiparité exclusive (la sénescence se produit ordinairement dès la 150e), après avoir passé par cinq périodes de crise dont (les témoins le prouvent) les quatre dernières au moins eussent amené la mort de tous les individus. L'expérience continuant montrera si l'on a simplement ainsi réussi à reculer la nécessité de la karyogamie; la dernière crise a été plus difficile à surmonter. Mais, dès à présent, cette expérience a une portée considérable; elle est plus complète que celles sur la parthénogénèse expérimentale, car, dans ces dernières, on n'a pas encore la preuve irréfutable que les larves ainsi obtenues sont viables et fécondes. Les résultats acquis ont une autre conséquence que fait bien ressortir Calkins. Dans la nature, les Infusoires éprouvent incessamment des changements du milieu chimique ambiant, et peut-être alors n'y a-t-il pas pour eux des périodes de sénescence fréquentes, ni l'obligation régulière d'un rajeunissement karyogamique qu'indiquaient les expériences de Maupas : l'intervalle de deux conjugaisons nécessaires peut être fort long; l'idée de l'immortalité naturelle de ces êtres, formulée par Weismann, reprend quelque vraisemblance. Il reste encore à analyser de près le mécanisme de la sénescence chez les Infusoires, quand elle se produit. Calkins n'a pas constaté les symptômes morphologiques vus par Maupas. Il est disposé à attribuer le phénomène à une insuffisance progressive du pouvoir diastasigène que lui suggère le ralentissement visible de la digestion dans les vacuoles de l'animal.

Il sera donc intéressant de chercher à isoler les diastases des Infusoires. Dans une direction analogue, Mouton[1] a réussi à extraire celles des Amibes et en a fait une étude très documentée. Il était nécessaire pour cela d'avoir une culture pure d'amibes. Or, on n'a réussi jusqu'ici la culture de ces êtres que sur des milieux bactériens. Mouton a réalisé ce qu'il appelle une *culture pure mixte*, c'est-à-dire qu'elle ne renferme que l'amibe et une seule

[1] *C. R. Soc. Biologie*, 18 janvier 1902.
[2] *Arch. Zool. Expér.*, N. et R., t. X, 1902. — *C. R. Ac. Sciences*, 20 mai 1902.
[3] *Arb. aus. d. K. Gesundheitsamte*, t. XVIII, 1902.
[4] Calkins : *Arch. f. Entwick. mech.*, t. XV, 1902. — Calkins et Lieb : *Archiv f. Protistenkunde*, t. I, 1902. — Calkins : *Biological Bulletin*, t. III, 1902.
[5] *Arch. Zool. expérim.*, (2), t. VII, 1889.
[6] *L. c.*, p. 506.

[1] *Ann. Inst. Past.*, juillet 1902, et *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1902.

espèce de bactérie; il a choisi le *B. Coli*, qui ne fournit pas d'extrait protéolytique; après quatre ou cinq jours de culture, il centrifuge les amibes, les traite par la glycérine ou l'eau chloroformée et obtient ainsi une diastase qui liquéfie la gélatine, dissout et digère la fibrine (chauffée à 58°) et est active en milieu très légèrement acide, neutre ou légèrement alcalin; elle pousse la transformation de la fibrine bien au delà des peptones. Elle appartient donc au groupe des trypsines, conclusion un peu imprévue, car on avait observé depuis longtemps, dans les vacuoles digestives des amibes, une réaction acide et certains auteurs avaient supposé plutôt une diastase du groupe de la pepsine. Il n'est pas sans intérêt de rappeler que, chez diverses plantes inférieures et surtout chez des Métazoaires, tels que les Actinies, ayant gardé comme les Protozoaires la digestion intracellulaire, on a trouvé aussi des trypsines[1]. Les trypsines semblent donc avoir une vaste diffusion dans le règne animal, tandis que les pepsines sont rares. Enfin, les diastases intracellulaires nous rapprochent de toutes les substances de même ordre que l'on rapporte aux leucocytes et qui jouent un rôle si considérable dans la Physiologie générale à l'heure actuelle.

Ainsi s'accusent les tendances que nous indiquions au début de cet article, et la cohésion entre les diverses régions de la science biologique. On ne peut manquer de remarquer les affinités indéniables entre les recherches de Calkins, par exemple, et tout le cycle d'idées si suggestives par lequel Metchnikoff aborde l'étude du problème de la vieillesse.

IV. — Métazoaires.

§ 1. — Invertébrés.

1. *Orthonectidés.* — Nous sommes arrivés[2], entre autres résultats, dans nos recherches sur ces animaux, à une reconstitution de leur cycle évolutif qui diffère notablement de celle qu'on admettait. Les formes sexuées que l'on connaissait naissent, en effet, aux dépens de masses plasmodiales et par voie asexuée. A maturité, elles s'échappent et ont une phase libre pendant laquelle a lieu l'accouplement. Chez le *Rhopalura ophiocomæ*, nous avons trouvé des femelles libres, fécondées et vivipares. Ce sont les embryons qu'elles renferment, et dont l'existence est signalée pour la première fois, qui parasitent de nouveaux hôtes; nous comptons compléter par la suite ces données encore incomplètes.

2. *Spongiaires.* — Parmi les travaux publiés sur cet embranchement, nous nous bornons à mentionner les intéressantes recherches de Cotte[1] sur les diastases de diverses Éponges et la belle monographie d'Ijima[2] sur les Hexactinellides. Ces Spongiaires de grands fonds n'avaient pu être bien étudiés jusqu'ici qu'au point de vue de leurs spicules. On n'avait jamais disposé que d'exemplaires insuffisamment fixés pour l'étude histologique des tissus mous. Les conditions favorables de la mer du Japon et l'activité tout à la fois des pêcheurs japonais et du Laboratoire maritime de Misaki, comblent cette lacune avec plusieurs autres (Pleurotomaires, etc...). Ijima n'a pas recueilli moins de 30 espèces du seul groupe des *Lyssassina* et il a pu nous donner une étude histologique très complète de l'une d'entre elles, l'*Euplectella Marshalli*.

3. *Cœlentérés.* — Nous signalerons d'abord pour cet embranchement le gros volume que lui consacrent, dans leur *Traité de Zoologie concrète*, MM. Delage et Hérouard et qui rassemble, à la portée de tous, une masse de documents très considérable.

Il nous semble intéressant aussi de mentionner brièvement le mémoire de Friedmann[3] sur le développement de l'*Aurelia aurita*; il en résulte que le polype de cette Méduse Acraspède ne présente pas d'invagination stomodéale ectodermique. On sait toute l'importance que Götte avait attachée à l'existence de ce stomodeum, nié, d'ailleurs, par Claus et par Chun. Les conclusions de Friedmann, conformes à celles de ces derniers auteurs, indiquent donc que les Méduses Acraspèdes ne réalisent pas complètement le type *Scyphozoaire* et paraissent intermédiaires entre celui-ci et le type *Hydrozoaire*.

4. *Echinodermes.* — Koehler et Bather[4] ont fait connaître un nouveau genre intéressant de Crinoïde, le *Gephyrocrinus*, recueilli dans les dragages du prince de Monaco. Il appartient à la famille des *Hyocrinidae*, jusqu'ici représentée par une seule espèce.

Nous enregistrons aussi de nouveaux succès obtenus dans l'élevage de larves d'oursins, jusqu'au delà de la métamorphose. Mac Bride et Doncaster, notamment, indiquent une technique pour y réussir, et Doncaster[5] a pu même avoir de jeunes Oursins issus d'une hybridation entre le *Strongylocentrotus lividus* et l'*Echinus microtuberculatus*. Il y a là de très belles perspectives pour les expériences d'Embryologie ou de Biologie générale pour lesquelles les œufs d'Echinodermes offrent de si grandes ressources, si, comme on peut l'espérer,

[1] Mesnil : *Ann. Inst. Pasteur*, mai 1901.
[2] *Arch. Anat. micr.*, t. IV.

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 1902.
[2] *Journ. Coll. Sc. Tokyo*, t. XV.
[3] *Zeitsch. für wiss. Zoologie*, t. LXXI.
[4] *Mém. Soc. zool. France*, t. XV, 1902.
[5] *Proc. Cambr. philos. Soc.*, t. XII.

on peut amener ces hybrides à une croissance assez grande ; à l'état jeune, seul obtenu jusqu'ici, les différences spécifiques sont encore imperceptibles.

5. *Plathelminthes.* — Boas[1] signale et étudie rapidement un curieux Cestode, le *Triplotænia mirabilis*, parasite d'un marsupial (*Petrogale penicillata*) et dont la morphologie est tout à fait inattendue. En effet, au lieu que le scolex se prolonge en une file de proglottis, on voit le corps avorter immédiatement suivant l'axe ; par contre, de part et d'autre de la tête, prennent naissance deux longs rubans, équivalents chacun à un *Tænia*. C'est donc un cas de bourgeonnement latéral du scolex, unique jusqu'ici et qui ne peut être regardé comme une singularité tératologique, car quatre exemplaires se montraient absolument identiques.

6. *Annélides.* — Dans les Annélides aussi, l'année nous apporte un fait analogue. Le cas de ramification latérale du *Syllis ramosa* découvert par le *Challenger*, révoqué en doute, puis confirmé il y a peu d'années par Oka, n'est plus unique. Johnson[2] a décrit, en effet, deux grands Syllidiens des côtes américaines, les *Trypanosyllis ingens* et *gemmipara*, qui portent, insérés suivant une région assez courte de la partie postérieure du corps, un véritable bouquet de 30 et de 50 bourgeons latéraux, à tous états de développement, les plus âgés remplis de spermatozoïdes, avec un tube digestif nul ou rudimentaire.

La question des rapports entre la blastogamie, la schizogamie et l'épigamie chez les Annélides, ou plus exactement la filiation de ces divers processus, continue à préoccuper les zoologistes. Une discussion s'est élevée à ce sujet entre Pruvot et E. Perrier[3]. Pruvot, s'appuyant surtout sur les faits connus chez les Syllidiens, où l'on rencontre tous ces processus, regarde l'épigamie comme le phénomène primitif, la blastogamie comme le phénomène ultime. C'est là, à des détails près, l'opinion que nous avions soutenue assez longuement, il y a quelques années, à la suite de notre étude sur les formes épitoques et l'évolution des Cirratuliens[4]. E. Perrier, en réponse à Pruvot, a développé à nouveau la thèse que la fragmentation des Vers annelés est un phénomène primitif inhérent à la façon dont leur corps se constitue. Du cas des *Naïs*, où la fragmentation est un mode de reproduction asexuée, antagoniste même de la reproduction sexuée, il passe à celui des *Autolytus* blastogames (c'est-à-dire où la fragmentation du corps est connexe du développement des produits génitaux), puis à la schizogamie des Syllidés et enfin à l'épigamie.

Pour quiconque ne considère que la famille des Syllidiens, il apparaîtra naturellement à l'esprit que les faits doivent être rangés comme l'a fait Pruvot, comme nous l'avions fait nous-mêmes : les processus se sont succédé, allant du simple au composé, et réalisant des conditions de plus en plus favorables à la dissémination des produits génitaux. La considération des faits observés dans les autres familles d'Annélides ne modifie pas cette conclusion. L'épigamie se montre de plus en plus comme un phénomène très répandu, existant dans presque toutes les familles primitives de Polychètes ; elle manque, au contraire, chez les types les plus spécialisés ; en revanche, on trouve la schizogénèse chez ces derniers (*Salmacina*, *Telepsavus*, etc.), chez les Oligochètes, que l'on s'accorde à considérer comme dérivés des Polychètes, et chez des formes dégradées comme les *Ctenodrilus*. La répartition même des cas d'épigamie et de schizogénèse fait donc supposer que les premiers sont des phénomènes plus primitifs que les seconds.

Le groupe des Annélides nous fournit encore un nouvel exemple frappant de la différence énorme que peut présenter l'embryogénie chez deux espèces très voisines. Cela pose une fois de plus la délicate question de la signification adaptative ou ancestrale des formes larvaires. Tous les zoologistes connaissent la larve du *Polygordius*, si souvent invoquée dans la morphologie générale des Annélides. Or, Woltereck[1] vient d'étudier en détail le développement de deux Polygordius de la mer du Nord, chez lesquels toute la région poststomiale se développe à l'intérieur de l'ectoderme larvaire ; puis, à un moment donné, cet ectoderme est rejeté, comme l'enveloppe ectodermique provisoire des Némertes, avec d'autres organes de la larve ; le jeune ver subit sa métamorphose en quelques minutes. Ces larves de *Polygordius* et celles de la Méditerranée antérieurement connues diffèrent, en outre, par beaucoup de caractères anatomiques, notamment dans l'appareil excréteur.

La curieuse larve *Mitraria*, dont Metchnikoff a fait connaître les métamorphoses (qui ne sont pas non plus sans analogies avec celles des larves de *Polygordius*), a été réétudiée par Watson[2] qui, en en suivant le développement à partir de l'œuf, a démontré que c'était la larve d'un Ammocharien (g. *Owenia*).

7. *Phoronis*, *Rhabdopleura.* — Des réflexions analogues à celles que nous suggérait le travail de

[1] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. System.*), t. XVII, 1902.
[2] *American Naturalist*, t. XXXVI, 1902.
[3] *C. R. Acad. Sciences*, t. CXXXIV, 1902.
[4] *Ann. Univ. Lyon*, fasc. XXXIX, 1898.

[1] *Zoologica*, fasc. XXXIV, 1902.
[2] *Trans. linn. Soc. London*, t. XXVIII.

Woltereck, viennent à la lecture des travaux parus en ces dernières années sur le *Phoronis* et en particulier des Mémoires si soignés, publiés en 1902 par Ikeda[1] et de Selys-Longchamps[2]; les divergences entre les auteurs doivent tenir en partie à des différences réelles dans le développement des diverses espèces, et l'on ne peut donc qu'approuver de Selys-Longchamps de les étudier lui-même successivement. Les deux Mémoires que nous citons sont dans l'ensemble bien concordants; ils paraissent fixer certains points capitaux de l'embryogénie du *Phoronis* discutés jusqu'ici et faire justice définitivement du rapprochement hasardé institué par Mastermann entre cet animal et les Entéropneustes, rapprochement déjà combattu par Roule. Et d'abord, la cavité générale de la larve du *Phoronis* (*Actinotrocha*) se constitue de deux parties : une invagination ectodermique voisine de l'anus, vue déjà par Caldwell, donne une cavité de signification cœlomique; c'est celle du tronc du ver. Au contraire, la cavité du lophophore et de la région antérieure dérive du blastocèle par immigration de mésenchyme. Rien de ce qui peut rapprocher le *Phoronis* du *Balanoglossus* n'a été retrouvé par les deux auteurs, ni la subdivision de la cavité du corps en trois, ni les communications de ces cavités avec l'extérieur (que Mastermann avait comparées aux pores du gland et du collier chez les Entéropneustes); quant aux diverticules intestinaux homologués par Mastermann à la corde dorsale, ce sont essentiellement des formations ventrales; leur situation comme leur structure ne permet donc pas le rapprochement ci-dessus.

Vaney et Conte[3], reprenant, sur des matériaux de l'Expédition du *Caudan*, l'étude du *Rhabdopleura*, font, à propos de cet animal, des constatations analogues; ils n'y ont pas reconnu non plus la subdivision de la cavité générale en trois parties, ni la communication de ces parties avec l'extérieur. Il n'y a donc pas de raison de rapprocher les *Rhabdopleura* des Entéropneustes. Les affinités de ces deux types si curieux, *Phoronis* et *Rhabdopleura*, isolés par un assez bon nombre de particularités, semblent bien être avec les Bryozoaires. Nous invoquerions volontiers leur exemple comme un des cas fréquents où s'est exercée la débauche d'hypothèses morphologiques dont nous parlions au début de cet article.

8. *Brachiopodes.* — Grâce à l'abondance des Lingules dans la mer du Japon, Yatsu[4] a pu suivre tout le développement de ces animaux, ce qui n'avait été réalisé jusqu'ici chez aucun Brachiopode. Il y a constaté des différences assez nombreuses avec les types du même groupe étudiés antérieurement (cavité générale schizocœlique, larve notablement différente, à métamorphose très progressive). Nous renvoyons à son Mémoire pour les détails.

[1] *Journ. Coll. Sc. Tokyo*, t. XIII.
[2] *Arch. Biol.*, t. XVIII.
[3] *C. R. Acad. Sciences*, 3 juillet et 7 novembre 1902.
[4] *Journ. Coll. Sc. Tokyo*, t. XVII.

9. *Mollusques.* — Les Mollusques ont fait l'objet des derniers travaux d'Al. Kovalevsky, prématurément enlevé à la science à la fin de 1901. Son nom restera au premier plan dans la Zoologie de la seconde moitié du XIX[e] siècle, et son œuvre, si précocement et si largement inspirée des idées darwiniennes, mérite d'être admirée, non seulement pour son étendue et l'importance des questions auxquelles elle a touché et fait faire de grands pas, mais aussi pour la fidélité de l'observation, qui n'a pour ainsi dire jamais pu être prise en défaut, et pour la rectitude et la mesure des interprétations. Kovalevsky, dans sa dernière année, nous a fait connaître[1] toute une série de Mollusques intéressants de la mer Noire et de la mer de Marmara : deux espèces du genre *Pseudovermis*, qu'on avait à peine, avant lui, distingué nettement des Turbellariés et qui représente l'extrémité de la série régressive si curieuse offerte par les Nudibranches; d'autres Nudibranches, les *Hedylidæ*, trouvés en grand nombre, et dont on ne connaissait que quelques exemplaires rapportés des Célèbes par M. Weber; enfin trois *Chœtoderma*, dont l'un avec une radula bien développée.

L'année a vu paraître, en outre, toute une série de recherches sur les Néoméniens : la description et l'étude, par Nierstrasz, de la riche collection de ces animaux draguée par le *Siboga*[2], un long Mémoire de Thiele[3] et un article de Pruvot[4] sur les affinités mutuelles des divers genres. Thiele admet, comme conclusion principale à ses recherches, que les Néoméniens ne sont pas de véritables Mollusques au même titre que les Chitons, mais encore des Vers tendant à réaliser le type Mollusque. Il y a, dans la délimitation des groupes, une grande part d'appréciation et de convention; dans ce cas, cependant, nous n'hésitons pas, pour notre part, à nous rallier à l'opinion à peu près générale actuellement et qui fait des Néoméniens de vrais Mollusques. Quant aux travaux de Nierstrasz et de Pruvot, nous en retiendrons qu'ils aboutissent à tracer, d'une manière indépendante, des tableaux très semblables des affinités des divers Néomé-

[1] *Mém. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg* (8), t. XII, et *Arch. Zool. expérim.*, (3), t. IX.
[2] *Siboga-Expeditie*, fasc. V.
[3] *Zeitsch. für wiss. Zool.*, t. LXXII.
[4] *Arch. Zool. expérim.*, (N. et R.), (3), t. X.

niens entre eux. Cette concordance témoigne des progrès accomplis, que souligne aussi la variété, de structure et d'adaptation actuellement connue dans un groupe presque ignoré il y a vingt ans.

Nous nous bornerons à signaler l'apparition de l'important Mémoire *in extenso* de E.-L. Bouvier et H. Fischer [1] sur le *Pleurotomaria Beyrichi*. La *Revue* de l'an dernier en a annoncé les principaux résultats d'après des communications préliminaires, en même temps que ceux du Mémoire de M. Woodward sur le même animal. Nous renvoyons donc le lecteur au travail original, où il trouvera une description complète du Pleurotomaire avec une discussion approfondie de sa morphologie comparée à celle des autres Gastéropodes.

Nous mentionnerons encore un nouveau travail dû à Voigt [2] sur le genre *Entocolax*, gastéropode parasite interne des Holothuries. Il confirme les interprétations données par Schiemenz de ce type si profondément dégradé. Nous en rapprocherons la découverte d'une forme analogue (*Enteroxenos Oestergreni*), trouvée en abondance dans une Holothurie (*Stichopus tremulus*) de la mer Norvégienne et décrite par Kr. Bonnevie [3]. Ces types parasites ont toujours un intérêt morphologique exceptionnel. Il y a lieu d'espérer que nous posséderons avant peu les stades où l'*Enteroxenos* pénètre dans son hôte, stades où il subit sa métamorphose et qui seraient décisifs pour fixer l'interprétation, encore incertaine, de tout le groupe.

Enfin, deux grands Mémoires anatomiques dus à Willey [4] et à Griffin [5] ont précisé nos connaissances sur la structure du Nautile.

10. *Arthropodes.* — Extrayons seulement de la production, toujours copieuse dans ce groupe, quelques travaux relatifs aux Crustacés et aux Insectes.

Parmi les Crustacés, les Cirrhipèdes sont, en ce moment, l'objet d'une revision d'ensemble, basée surtout sur les collections du Muséum et entreprise par Gruvel [6]. Nous signalerons en particulier l'étude des mâles nains et complémentaires qui, pour certains types tels qu'*Ibla*, n'avait pas été refaite depuis Darwin. A noter aussi un nouveau Rhizocéphale décrit par Coutière [7], le genre *Thylacoplethus*, parasite des Alphéides des côtes australiennes; il est intéressant par sa vie grégaire (Coutière en a trouvé jusqu'à cent vingt individus sur un même hôte) et fournira probablement un

[1] *Journ. de Conchyliologie*, t. L.
[2] *Zool. Anz.*, t. XXIV.
[3] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. Anat.*), t. XV.
[4] Willey's *Zool. Results*, p. VI.
[5] *Mem. Nat. Ac. Sc. Washington*, t. VIII.
[6] *Nouv. Arch. du Muséum*, t. IV, et Exp. du *Travailleur* et du *Talisman*.
[7] *C. R. Soc. Biol.* et *C. R. Ac. Sc.*, 1902.

jour des renseignements précieux pour l'étude des Sacculines. On sait l'évolution tout à fait singulière de ce dernier type, sa phase régressive de parasite interne, décrite par Delage, et que Duboscq [1] a récemment revue. Chez le *Thylacoplethus*, cette phase ne doit pas exister, à ce que croit Coutière. Il se fonde pour cela, en partie, sur le faible développement du système radiculaire à l'intérieur de l'hôte. Le *Thylacoplethus* représenterait donc, comme dit l'auteur, un premier essai des Rhizocéphales dans la voie qui a abouti à la Sacculine. Il est à désirer que ce premier stade nous soit connu aussi complètement que possible.

Les Crustacés ont encore fait l'objet d'un travail très original et très considérable, dû à Bohn [2]. La lecture de l'Introduction suffira à montrer l'esprit large et fécond dans lequel il a été entrepris. Bohn étudie la fonction respiratoire chez les Crustacés Décapodes, en se préoccupant des troubles ou des adaptations spéciales que nécessitent les conditions particulières de l'éthologie, la présence dans le milieu de substances telles que O, CO^2, NaCl, AzH^3, etc.; il cherche à expliquer corrélativement les formes anatomiques et leur enchaînement phylogénétique. Comme ce travail a déjà été analysé dans la *Revue*, nous nous bornons à le signaler, comme un exemple heureux de la réaction contre une direction de recherches trop exclusivement anatomique et, suivant l'expression de l'auteur, comme « un essai de Physiologie phylogénique ».

En Entomologie, mentionnons le très utile répertoire de Cécidiologie publié par Darboux et Houard [3], pour lequel l'association d'un botaniste et d'un zoologiste s'imposait, et dont le succès a été immédiat.

Parmi les questions d'ordre général relatives aux Insectes, nous trouvons toujours en première ligne les Métamorphoses, au sujet desquelles les discussions ont été si vives ces dernières années. Limités par l'espace, nous ne retiendrons que le travail de Ch. Pérez [4]. La partie spéciale, consacrée aux Fourmis, témoigne d'une technique très sûre, première condition pour baser des conclusions autorisées en cette matière; et la partie générale offre un exposé lumineux et une large intelligence des divers aspects de cette grande question, ainsi que de ses rapports avec la Physiologie cellulaire générale. Pour les Fourmis, Pérez a mis en évidence le rôle bien net et capital de la phagocytose (leucocytaire) dans l'his-

[1] *Arch. Zool. exp.*, N. et R. (3), t. IX.
[2] *Bull. scientif.*, t. XXXVI, 1902, et *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1901. Analysé in *Revue gén. Sciences*, 1902, p. 647.
[3] *Bull. Scientif.*, 1901, vol. hors série.
[4] *Bull. Scientif.*, t. XXXVII, et *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1902.

tolyse et la disparition de tous les organes véritablement *internes* : tubes de Malpighi, glandes salivaires ou séricigènes, une partie du corps gras. Dans les muscles, l'histolyse est limitée aux noyaux et à une partie du myoplasme, les muscles larvaires se retrouvant modifiés chez l'imago; là encore, cette histolyse partielle est l'œuvre des leucocytes. En revanche, l'épithélium de l'intestin moyen est complètement rejeté dans la cavité intestinale; il s'histolyse sans intervention phagocytaire. Au point de vue de l'histogénèse, Pérez met surtout en évidence deux faits : 1° Les histoblastes des tissus *nouveaux* de l'imago existent *dès l'éclosion de la larve;* 2° Chaque tissu de l'adulte a ses histoblastes spéciaux.

§ 2. — **Vertébrés.**

Comme pour d'autres cas, nous commençons par citer un traité en cours de publication et qui, par la valeur de ses collaborateurs et les dimensions adoptées, constituera un monument de haute importance : le *Traité d'Embryologie des Vertébrés*, dirigé par O. Hertwig. Plusieurs livraisons en ont déjà paru.

L'*Amphioxus*, malgré tous les travaux auxquels il a donné lieu, fournit encore à des observateurs habiles des résultats des plus intéressants. Legros [1], à qui nous devons déjà des recherches sur la région antérieure, menées avec une précision extrême, vient d'ajouter à nos connaissances sur le système circulatoire des compléments importants; il affirme en premier lieu l'indépendance absolue des cavités vasculaires et des cavités cœlomiques. Et, d'autre part, il a retrouvé chez l'*Amphioxus* des vaisseaux qui représentent sans aucun doute les veines cardinales et les canaux de Cuvier des Poissons. Ainsi, l'*Amphioxus* se montre de plus en plus un Vertébré simple, mais nettement conformé comme les types plus élevés. Legros met en relief l'importance qu'aurait une étude embryogénique (malheureusement extrêmement difficile) de l'appareil circulatoire de l'*Amphioxus*, pour décider si ce remarquable type est une forme primitive ou un Vertébré dégradé. Goodrich [2], étudiant le système excréteur, dont nous devons la connaissance à Boveri, y a trouvé les éléments cellulaires qu'il a décrits chez les Annélides sous le nom de *solénocytes*.

La métamérie de la région antérieure des Vertébrés, sur laquelle il a déjà été tant écrit, fait toujours l'objet de recherches actives. Dohrn [3] a publié encore cette année un Mémoire sur les Sélaciens, et Koltzoff [4] nous donne une très longue étude sur le développement de la tête de la Lamproie. On sait que Dohrn regarde la région céphalique comme correspondant à un grand nombre de segments. Koltzoff revient à un chiffre beaucoup moins élevé, concordant sensiblement avec celui de Van Wijhe.

Poursuivant, à l'aide de son abondant matériel, l'étude de l'embryogénie des Gymnophiones, Brauer [1] nous donne cette année un long Mémoire sur le développement du système rénal. Il y fait toute l'histoire du pronéphros, qui, chez ces animaux, acquiert une haute différenciation, puis du mésonéphros. Ne pouvant songer à entrer dans un examen détaillé, nous retiendrons seulement la conclusion générale. Pour Brauer, le pronéphros et le mésonéphros ne sont pas deux organes différents, le premier s'étant autrefois étendu sur toute la longueur du tronc et y ayant été ensuite remplacé par le second. Ce sont deux parties d'un seul et même organe : l'*holonéphros*. Aucune différence importante de position ni de structure ne les distingue, et il faut bien avouer qu'en dehors de la situation antérieure du pronéphros, les particularités par lesquelles on l'opposait au mésonéphros étaient souvent bien subtiles. Là encore, on pourrait trouver, à notre gré, un abus de la morphologie.

L'anatomie comparée du cerveau des Vertébrés, fondée non plus seulement sur l'aspect extérieur, mais sur la structure interne, sur l'étude des centres et de leurs communications fibreuses, a eu pour un de ses plus actifs ouvriers Edinger, qui, poursuivant cette série de recherches si considérables [2], en arrive maintenant au cerveau antérieur des Oiseaux. L'étude du trajet des fibres à travers les divers ganglions a été étendue à un grand nombre d'espèces, appartenant à tous les groupes; pour certains types, comme le poulet, à l'étude de l'adulte a été jointe celle du développement; enfin, l'observation anatomique pure a été complétée aussi par la méthode de la dégénérescence expérimentale des fibres. Il y a donc là un travail extrêmement considérable et qui a fourni des résultats très importants au point de vue zoologique. En effet, il s'est révélé ainsi, dans le cerveau antérieur des Oiseaux, des variations secondaires comparables à celles qui se produisent chez les Mammifères. De plus, le cerveau avien se montre d'un type très particulier, offrant très peu d'analogies avec celui des Mammifères, en montrant davantage avec celui des Reptiles et en particulier des Chéloniens. Le corps strié surtout présente un énorme développement et un grand nombre de noyaux gris, que l'on ne retrouve pas ailleurs; par contre, le pallium est relativement très mal différencié, ce qui n'empêche

[1] *Mitth. Zool. St. Neapel*, t. XV, 1902.
[2] *Quart. Journ. micr. Sc.*, t. XLV, 1902.
[3] *Mitth. Zool. St. Neapel*, t. XV, 1902.
[4] *Bull. Soc. Natur. Moscou.*

[1] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. Anat.*), t. XVI.
[2] *Abh. Senckenb. Gesells.*, t. XX, 4e fasc.

pas le développement intellectuel des Oiseaux d'atteindre un haut degré ; il est vrai que les connexions de l'écorce du pallium avec les parties postérieures sont beaucoup plus complexes que chez les Reptiles.

Les travaux d'Embryogénie sur les Mammifères offrent les plus grandes difficultés pour réunir des matériaux, si l'on sort des espèces domestiques. Néanmoins, Hubrecht en a su organiser, à Java, la récolte méthodique sur une série de types rares (*Tarsius*, *Tupaja*, *Manis*, *Galeopithecus*, *Nycticebus*). Depuis dix ans, il n'a pas reçu moins de 900 utérus de *Tarsius*, dont 600 gravides. Cette magnifique collection a été non moins méthodiquement mise en œuvre, coupée en séries et classée de façon à former, à elle seule, un musée très précieux. Hubrecht vient d'en extraire [1], après d'autres Mémoires, le début du développement (depuis la formation des globules polaires), la segmentation et l'origine des feuillets chez le *Tarsius*[2]. Nous y retrouvons l'interprétation qu'il a déjà proposée du développement des Mammifères et qui, sur beaucoup de points fondamentaux, lui est particulière. Il n'y a pas lieu d'admettre, suivant lui, que l'œuf des Mammifères ait passé par un état d'œuf sauropsidien à vitellus très abondant. Il a dû s'adapter à la viviparité, directement à partir d'un stade phylogénétique amphibien. La paroi ectodermique de la blastula est devenue une enveloppe embryonnaire provisoire, le *trophoblaste*, fonctionnant, à la façon d'un organe phagocytaire, dès le début du développement et servant de première ébauche au placenta. Celui-ci, dans le cas primitif, résulterait simplement de la prolifération et de la vascularisation du mésoderme dans les portions du trophoblaste accolées à la paroi utérine. Il n'y aurait donc pas d'allantoïde. La formation de cette annexe, comme elle a lieu chez les Sauropsidés et une partie des Mammifères, serait un processus secondaire. Ces vues, si divergentes de celles qui sont généralement adoptées, émises par un embryologiste aussi autorisé que Hubrecht, montrent combien d'incertitude il reste encore sur l'interprétation des traits fondamentaux de l'Embryogénie.

Si la méthode morphologique est si difficile à manier d'une façon sûre quand il faut reconstituer les grandes lignes de la phylogénie, elle donne des résultats bien plus immédiats sur des questions plus restreintes, et nulle part peut-être la nécessité des doctrines évolutionnistes n'apparaît mieux que dans le parallélisme des structures anatomiques chez des animaux très éloignés les uns des autres, mais adaptés aux mêmes conditions d'existence. Ces phénomènes, dits de convergence, sont une des preuves indirectes les plus fortes de l'évolution. Nous en avons un exemple excellent dans des Mémoires tout récents sur l'œil des Vertébrés. Putter a fait un long travail[1] sur l'œil des Mammifères aquatiques et mis en évidence, sur les divers groupes indépendants (Pinnipèdes, Siréniens, Mysticètes, Denticètes), les modifications convergentes qu'a subies l'œil, modifications nombreuses qu'il fait correspondre à quatre ordres principaux de facteurs (optiques, thermiques, hydrostatiques, chimiques). Le sens général de ces modifications rappelle les particularités de l'œil des Poissons. Il est intéressant de rapprocher de ces faits quelques-uns de ceux que Brauer[2] a obtenus dans l'étude de l'œil des Poissons abyssaux recueillis par la *Valdivia*. L'œil de ces Poissons est modifié d'une manière parallèle à celui des Crustacés et des Céphalopodes abyssaux ; Brauer appelle *télescopiques* ces yeux allongés, à large pupille entièrement occupée par le cristallin, etc. Chez ces Poissons, la rétine se divise en deux parties : une rétine principale tapissant le fond de l'œil, et une rétine accessoire, qui en est dérivée, plus ou moins réduite, tapissant la face latéro-interne ; chez le *Gigantura*, cette rétine accessoire paraît être fonctionnelle chez l'adulte et permettre une vision *latérale* ; chez le *Dissomma*, au contraire, elle paraît en régression chez l'adulte. D'autre part, chez les Cétacés Denticètes, qui chassent assez profondément, Putter a découvert, dans l'espace lymphatique périchoroïdien, à la partie supérieure du bulbe, un organe ayant une structure analogue à la rétine, mais avec une position inverse des bâtonnets. C'est, suivant lui, une vésicule détachée de la rétine, jouant un rôle sensoriel spécial et qu'il rapproche du dédoublement de la rétine dans les yeux des Poissons abyssaux.

Nous signalerons enfin, pour terminer cette revue des Vertébrés, une très curieuse application à la Zoologie systématique des récentes découvertes dans le domaine de la Physiologie générale cellulaire. Il s'agit de la similitude des réactions des espèces voisines à une même cytotoxine, ou plus exactement à la même *précipitine*. Si l'on développe dans le sérum d'un lapin la propriété de précipiter le sérum de sang humain (en injectant au lapin, à plusieurs reprises, du sang humain), on constate que le sérum de lapin ainsi préparé n'est pas rigoureusement spécifique pour l'homme, qu'il produit aussi un précipité avec le sérum des Singes, mais non plus avec celui des Lémuriens. Le sérum « an-

[1] *Verhdl. Kon. Ak. van Wetensch. te Amsterdam*, 1902.
[2] Voir, sur l'état actuel de ces questions chez les Vertébrés et les Mammifères en particulier, l'étude d'ensemble qu'en a faite Keibel dans *Ergebn. d. Anat. u. Entwickl.*, t. X.

[1] *Zool. Jahrb.* (*Abth. f. Anat.*), t. XVII.
[2] *Verhdl. deutsche Zool. Gesellsch.*, 1902.

tichien », préparé de même, précipite le sérum des divers *Canidae;* le sérum « antibœuf », celui de divers Ruminants, en particulier de la chèvre et du mouton[1]. En augmentant l'activité de ces sérums précipitants, on arrive même à avoir un léger précipité ou simplement un trouble avec les sérums de toutes les espèces de la même classe zoologique (Mammifères, Oiseaux, etc...)[2] ou même d'autres classes[3]. Si l'on précise, par des données numériques, l'intensité de la réaction précipitante pour un sérum donné avec les diverses espèces, on voit que cette intensité varie dans le même sens que l'affinité zoologique. Enfin Grünbaum[4], qui a pu préparer des sérums antihumain, antigorille, antichimpanzé et antiorang, a obtenu des réactions *sensiblement identiques en qualité et en quantité* en faisant agir un quelconque de ces sérums sur le sang de l'homme et des trois singes anthropoïdes; en revanche, Nuttall a vu le sérum antichimpanzé donner un précipité relativement faible avec le sérum des Singes Cercopithèques. L'extrême parenté de l'homme et des singes anthropoïdes reçoit ainsi une vérification particulièrement précieuse.

Nous nous contentons de noter ici ces faits très intéressants, en les appréciant uniquement comme une vérification, philosophiquement très importante, des affinités zoologiques, sans entrer dans l'examen des conséquences considérables qu'ils ont pour l'analyse délicate des albuminoïdes des humeurs, et aussi pour la Médecine légale ou diverses applications.

V. — Géographie zoologique. Faunes.

Il ne peut être question ici que d'indiquer les travaux de cette nature d'où se dégagent des résultats généraux. Ce n'est pas toutefois que des travaux de Géographie zoologique portant sur des questions très limitées ne soient parfois très intéressants. Nous citerons à cet égard un petit Mémoire de Voigt[5] sur les causes de l'extinction du *Planaria alpina* dans le Hundsrück et du *Polycelis cornuta* dans le Taunus, qui est un modèle d'étude sur les causes qui peuvent déterminer ou faire varier l'aire d'extension des espèces. Dans un ordre de questions un peu plus étendu, mentionnons aussi la monographie biologique du lac Léman par Forel[6].

Les grandes expéditions maritimes exécutées dans ces dernières années continuent la publication de leurs résultats. Du *Travailleur* et du *Talisman* ont paru dernièrement les Cirrhipèdes, les Holothuries et les Mollusques Opistobranches. Les premiers fascicules de la *Valdivia* ont également vu le jour. Les si riches collections du *Siboga*, qui promettent d'être un monument capital pour la faune des mers de l'Insulinde, commencent aussi à être publiées; dans tous les groupes, cette Expédition a ramené une quantité considérable de formes zoologiques nouvelles; le récit de l'Expédition par son chef, Max Weber, montre en même temps l'intérêt des conclusions générales qui s'en dégagent, en particulier sur les rapports des divers bassins profonds interposés entre les îles de l'Archipel Malais.

Au moment où les diverses Expéditions allemande, anglaise et suédoise sont dans les régions antarctiques, signalons un Mémoire de Burckhardt[1] qui examine si, comme l'ont voulu A. Milne Edwards, Forbes, Hutton, etc., l'Ornithologie apporte des arguments en faveur de l'existence antérieure d'un continent antarctique. La localisation des Oiseaux coureurs ou aptères, à l'heure actuelle et aux périodes géologiques récentes, dans les terres insulaires de l'hémisphère austral, ainsi que la grande taille de certains d'entre eux, avaient été interprétées comme un témoignage important de l'existence de ce continent, qui aurait été le centre de formation de toutes ces espèces. Nous croyons, avec Burckhardt, que cette opinion ne résiste plus au progrès de nos connaissances. Les divers *Ratitæ* constituent un ensemble hétérogène très polyphylétique, un groupe de convergence, et il vaut mieux admettre que l'apparition et le maintien de ces formes sont, au contraire, une conséquence de la vie insulaire et des conditions spéciales que l'absence des Mammifères introduit dans la concurrence vitale. Le gigantisme même que nous observons dans les Autruches de l'Australie, de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, dans les *Dinornis* de la Nouvelle-Zélande, les *Œpyornis* de Madagascar et certains Oiseaux éteints des Mascareignes, serait une forme terminale de l'évolution de ces types coureurs sur des espaces insulaires. On peut en rapprocher le gigantisme des Tortues dans certaines îles (Mascareignes, Galapagos) et l'opposer au nanisme des Mammifères dans des conditions analogues (*Elephas melitensis* de Malte, etc.)

Les îles coralliennes des Maldives et des Laquedives ont été, en ces dernières années, l'objet d'études importantes de St. Gardiner et la publication en a commencé. D'autre part, Al. Agassiz a visité, avec une expédition spécialement organisée, ces archipels qui étaient presque le dernier groupe im-

[1] Nuttall : *Proc. Roy. Soc.*, t. LCIX, novembre 1901.
[2] Nuttall : *British. med. Journ.*, 5 avril 1902.
[3] Linossier et Lemoine : *C. R. Soc. Biologie*, 22 mars 1902.
[4] *Lancet*, 18 janvier 1902.
[5] *Verhdl. Naturh. Ver. preuss. Rheinlands*, t. LVIII.
[6] *Le Léman*, t. III, fasc. 1, 1902.

[1] *Zool. Jarhrb.* (*Abth. f. Syst.*), t. XV.

portant de récifs qu'il n'eût pas étudié. Du compte rendu préliminaire de ses recherches[1], extrayons seulement que, là comme ailleurs, il n'a vu aucune trace d'affaissement, mais bien, au contraire, un exhaussement continu qui est le fait de la construction progressive des coraux sur le plateau supportant les deux archipels.

Nous terminerons cet article par une revue rapide des questions de Plankton, dont l'importance devient toujours plus considérable. Signalons d'abord la constitution définitive du Bureau international institué pour cette étude, par les *Conférences internationales pour l'exploration de la mer*, dont la troisième a eu lieu à Copenhague, en juillet 1902, et dont la France s'est jusqu'ici malencontreusement tenue à l'écart. Cette institution nouvelle imprimera une impulsion vive et synergique aux travaux d'Océanographie biologique et en particulier aux recherches appliquées aux pêcheries.

Parmi les si nombreuses recherches planktoniques publiées dans ces derniers mois, nous n'en citerons que deux : la première est le Mémoire de Lo Bianco[2] sur le plankton profond du golfe de Naples. Reprenant à bord du yacht *Maia*, appartenant au métallurgiste Krupp et spécialement outillé en vue de ces recherches, les anciens travaux de Chun, Lo Bianco a pu récolter, à des profondeurs atteignant 1.500 mètres, toute une faune, en grande partie nouvelle pour la Méditerranée et composée de types des plus intéressants. Poursuivies avec la continuité que l'on sait mettre à toutes choses à la Station de Naples, elles promettent des données très précieuses.

En second lieu, nous analyserons les nouvelles recherches récemment publiées par Lohmann[3] sur la richesse de la mer en plankton. Elles marquent une véritable étape pour l'étude de la répartition quantitative de la substance vivante dans l'Océan.

On sait l'impulsion énorme donnée à cette question par le professeur V. Hensen, de Kiel, impulsion qui s'est manifestée en premier lieu par l'Expédition du *National* en 1889 et qui s'est tant propagée depuis. Hensen mesurait la quantité de substance vivante renfermée dans un volume donné d'eau de mer en filtrant une colonne d'eau, de hauteur connue, avec un filet formé de soie à bluter n° 20 et de surface d'entrée connue. Il est évident *a priori* qu'on ne récolte pas ainsi tous les organismes qui se trouvent dans l'eau filtrée ; ceux qui sont plus petits qu'une certaine dimension passent à travers les mailles. Mais, par des expériences préliminaires systématiques, Hensen avait cru pouvoir affirmer que ce qui passait ainsi n'était qu'une masse insignifiante par rapport à la masse totale. C'est donc avec ce filet de soie à bluter n° 20 que l'École de Kiel a fait toutes ses déterminations quantitatives de plankton et cette technique a été unanimement adoptée[1]. En 1897, un zoologiste américain, Kofoid, voulut vérifier lui-même le bien fondé de la technique de Hensen et constata qu'elle ne donnait pas des résultats quantitatifs exacts, que la masse des organismes, retenus par les mailles, représentait seulement, suivant les circonstances, de 2 °/₀ à 50 °/₀ du plankton total. Les nombres obtenus n'avaient donc aucune valeur comparative. Les biologistes de Kiel ont alors examiné la valeur de ces objections. A cet effet, Lohmann, dans la Baltique d'abord, puis à Syracuse (où les grandes profondeurs, si proches de la côte, offrent des circonstances particulièrement favorables), a comparé des pêches faites simultanément (et rapportées ensuite au même volume d'eau) : 1° avec le filet de soie à bluter ; 2° en aspirant la colonne d'eau contenue dans un tube de caoutchouc de 100 mètres de hauteur et la filtrant une première fois sur du papier buvard, une seconde fois sur du taffetas de soie. Il a reconnu ainsi la justesse des conclusions de Kofoid. Le filet de soie à bluter ne peut donner une idée exacte de la masse de plankton totale. Et l'examen des organismes arrêtés par le filtre de papier et le taffetas de soie révèle toute une faune microscopique nouvelle. Ajoutons que l'appareil capteur des Appendiculaires est merveilleux pour trier cette faune et même en fournir une base de numération. Les recherches de Lohmann rectifient donc une erreur de principe dans la méthode de Hensen, erreur qu'il était urgent de reconnaître, et elles fournissent une méthode, sûre cette fois, pour doser la substance vivante dans la mer. Le principe de l'uniformité de répartition de la vie dans l'Océan, tel que l'entend Hensen, n'est d'ailleurs pas atteint par ces constatations nouvelles. Mais elles entraînent des relations numériques et quantitatives différentes de celles qu'on pouvait calculer jusque-là entre les divers organismes du plankton, dont les uns sont la pâture et, par suite, la condition d'existence et de multiplication des autres. Ces recherches sont donc des plus utiles pour l'étude du vaste problème de la circulation de la matière vivante dans l'Océan, dont Brandt[2] a tracé ces derniers mois le programme, et qui est comme la physiologie de l'Océan tout entier.

M. Caullery,
Professeur de Zoologie
à l'Université de Marseille.

F. Mesnil,
Chef de Laboratoire
à l'Institut Pasteur de Paris.

[1] *Americ. Journ. of. Science*, (4), t. XIII.
[2] *Mitth. Zool. St. Neapel*, t. XV.
[3] *Wissensch. Meeresunters. herausg. v. d. Komm. zur Unters. der deutsch. Meere.* Abth. Kiel, N. F., t. VII, 1902.

[1] En outre, les bactéries étaient comptées par les procédés spéciaux habituels.
[2] *Wissensch. Meeresunters.*, etc... Abth. Kiel, t. VI, 1902.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Loria (Dr Gino), *Professeur ordinaire de Géométrie supérieure à l'Université de Gênes.* — **Spezielle algebraische und transcendante ebene Kurven. Theorie und Geschichte.** — *Traduit par* Fritz Schütte, *professeur au Gymnase de Neuwied* : 1re *partie.* — 1 *fascicule in*-8° *de* 416 *pages, avec* 122 *figures et* 13 *planches lithographiées* (*Prix* : 20 *fr.*). *Teubner, éditeur. Leipzig,* 1903.

C'est une curieuse exposition archéologique, une sorte de Musée de Cluny scientifique que nous a donné le savant professeur génois, et que fait connaître aux lecteurs allemands M. Schütte; ou mieux, c'est comme une transposition, dans le domaine du livre, de ces extraordinaires collections du Conservatoire des Arts-et-Métiers, où l'histoire de la Science est écrite dans des séries d'appareils aux formes surannées, dont l'un, précieux héritage de quelque savant illustre, a été l'agent d'une grande découverte, dont l'autre porte simplement le cachet d'une époque. Quelle ingéniosité dépensée dans l'invention des courbes que nous énumère la prodigieuse érudition de M. Gino Loria! Que d'honneur elles font à l'inépuisable imagination humaine! De quelles patientes tentatives pour tourner d'inéluctables difficultés, ou pour arriver aux solutions et aux méthodes que nous possédons aujourd'hui, témoignent les plus anciennes d'entre elles!

La lecture de certains chapitres de l'ouvrage actuel est des plus intéressantes à cet égard. On sait — ou plutôt, je croyais savoir jusqu'ici — par combien de procédés, à l'aide de combien de courbes auxiliaires les Grecs ont remédié à l'impossibilité d'opérer géométriquement la trisection de l'angle. Les *quadratrices* ne sont ni moins nombreuses, ni moins curieuses.

D'un tout autre ordre est l'intérêt qui s'attacha à l'étude des courbes lors de la naissance du Calcul infinitésimal. Elles représentèrent alors la résistance à vaincre et non le point d'appui, l'énoncé du problème et non le mode de solution. On ne peut se plaindre de les voir se multiplier à cette époque, si l'on pense que chacune d'elles a été un défi nouveau jeté aux géomètres, l'occasion d'un nouveau triomphe pour les méthodes des Roberval et des Fermat. — Et puis, ces coups d'œil rétrospectifs réservent quelquefois d'amusantes surprises. Qui sait aujourd'hui, en dehors de quelques érudits, que les ovales de Cassini ont eu pour but et pour prétention initiale de remplacer les ellipses de Képler dans l'expression des lois des mouvements des planètes?

L'énumération des additions faites à cette liste par les modernes a quelque chose de moins réconfortant. Il est un peu effrayant de songer que l'ouvrage de M. Gino Loria, complet, ou à peu près, grâce à l'extraordinaire science de l'auteur, le jour de sa publication, ne l'était certainement plus le lendemain; qu'au moment où j'écris, dix courbes, toutes liées à quelque parabole ou à quelque triangle, toutes possédant une propriété « remarquable », quelquefois deux, sortent tout armées du cerveau des inventeurs. La lecture de certaines pages des *Spezielle ebene Curven* ne laisse aucun doute à cet égard.

Hâtons-nous d'ajouter que, même de nos jours, certaines courbes particulières se sont présentées dans la solution de questions importantes et générales et qu'elles y ont rendu de notables services. C'est ainsi que la théorie des marées a introduit dans les calculs du Dr Haugton l'*atriphtaloïde* :

$$(x^2 + y^2)^2 x^2 = (hx^2 - k^3)^3;$$

que les mouvements des planètes ou celui des comètes ont amené M. de Jonquières ou Mrs Young[1] aux courbes :

$$(x^2 + y^2)(x^2 + y^2 - ax + by)^2 = x^2y^2,$$
$$y^2(x^2 + \sin^2\psi)^3 = 1.$$

Plus connue est la *courbe à longue inflexion*, qui joue un rôle si essentiel dans la théorie de la machine à vapeur, et à laquelle l'auteur consacre un important chapitre; et l'on sait à quelles questions fondamentales d'Acoustique sont liées les courbes de Lissajous.

Disons aussi que, bien souvent, les exemples particuliers dont nous parle M. Gino Loria servent de prétexte à d'heureuses applications des théories générales. Il suffit de lire le chapitre consacré aux quartiques, ou celui qui est intitulé « Géométrie des Polynomes », pour y voir les questions s'élargir et acquérir un véritable intérêt scientifique.

Jacques Hadamard,
Professeur adjoint à la Sorbonne,
Professeur suppléant au Collège de France.

Carnot (Sadi). — **Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance.** — (*Réimpression fac-similé conforme à l'édition originale de* 1824.) 1 *broch. in*-8° *de* 125 *pages. Hermann. Paris,* 1903.

On connaît les graves problèmes de philosophie scientifique qui se posent maintenant à l'égard du principe de Carnot. Au nom de ce principe, M. Lippmann conteste la théorie cinétique des gaz, et le désaccord porterait également sur l'interprétation des phénomènes de la chaleur dans tous les corps. L'explication purement mécanique du Monde matériel, qu'elle se présente sous la forme cinétique ou dynamique, semble insuffisante; elle est destinée à faire place à une conception nouvelle qui devra être capable de se concilier plus facilement avec l'idée que, dans le Monde, si quelque chose se conserve, il y a aussi quelque chose qui s'use. Il ne suffira plus, pour chercher à réduire les principes de la Thermodynamique aux principes généraux de la Mécanique, de supposer les molécules reliées par des forces centrales. On se demande si le principe de Carnot ne s'applique que lorsque les corps sont pris en masse, et s'il régit encore les phénomènes moléculaires eux-mêmes, ce que M. Gouy, à l'occasion du mouvement brownien, considère également comme douteux. Enfin, les propriétés si étranges des radiations nouvelles semblent bien difficiles à concilier avec les lois de la Thermodynamique; la propriété surprenante du radium, découverte tout récemment par MM. Curie et Laborde, de dégager de la chaleur d'une façon continue, semble même, *a priori*, en contradiction absolue avec le principe de Carnot.

Au moment où surgit ce grave débat, l'éditeur Hermann a pensé qu'il était d'actualité d'offrir une réimpression nouvelle du célèbre opuscule de Sadi Carnot. Cette plaquette reproduit en fac-similé et sur papier identique l'édition de 1824 parue chez Bachelier. Cette fidèle reproduction fait éprouver à l'œil, charmé de

[1] Les exemples intéressants abondent, d'ailleurs, bien plus parmi les courbes transcendantes, qui (à l'exception des quadratrices et de quelques courbes analogues) font l'objet du second fascicule.

retrouver le vieux livre, un plaisir de même ordre que les reproductions phototypiques des grandes œuvres de nos musées.

A la suite se trouve : 1° la lettre adressée en 1878 par H. Carnot à l'Académie des Sciences pour rappeler que son frère a été le premier à concevoir le principe de l'équivalence, qu'il a formulé exactement dans ses Notes restées manuscrites ; 2° un autographe de Sadi Carnot où il énonce la conservation de l'énergie.

EDGARD HAUDIÉ,
Professeur à l'École Navale.

2° Sciences physiques

Handbuch der Elecktrochemie (*Dictionnaire d'Electrochimie*), *publié par* MM. BORCHERS, BOSE, DANNEEL, ELBS, KUSTER, LANGGUTH, NERNST, STOCKMEYER. *Premières livraisons :* **Eleéktromagnetische Aufbereitung** (*Préparation électromagnétique des minerais*), *par* LANGGUTH, *et* **Specielle Elektrochemie** (*Electrochimie spéciale*), *par* DANNEEL. (*Prix de la livraison : 3 marks.*) *Grands in-8° de 64 et 80 pages.*

Jahrbuch der Elektrochemie (*Répertoire annuel d'Electrochimie*), *année* 1901. (*Prix :* 24 *marks.*) *Grand in-8° de* 600 *pages.*

Gerdes (P.). — **Einführung in die Elektrochemie** (*Introduction à l'étude de l'Electrochimie*). (*Prix :* 4 *marks.*) *Petit in-8°. Wilhelm Knapp, à Halle-s.-S.*

La librairie W. Knapp s'est fait une spécialité de l'édition d'ouvrages relatifs à l'Electrochimie. Dans un précédent article, nous signalions les « Monographies sur l'Electrochimie ». Les publications dont nous donnons ci-dessus les titres viennent augmenter très heureusement la bibliographie relative à cette matière.

Le Dictionnaire d'Electrochimie comprendra une série de publications confiées à des spécialistes et qui paraîtront sous forme de livraisons séparées.

Les deux premières sont fort bien faites et font très bien augurer de la suite de l'ouvrage. La préparation électromagnétique des minerais est un sujet très moderne, sur lequel M. Langguth a réuni toutes les indications les plus sûres. Sous le nom d'Electrochimie spéciale, M. Danneel traite de la préparation des corps minéraux et organiques par les procédés électrochimiques ; 14 livraisons sont annoncées sur ce sujet. En outre, les principales parties du Dictionnaire comprendront les sujets suivants :

Electrochimie théorique (Nernst);
Méthodes de mesure (Bose);
Piles et accumulateurs (Elbs);
Analyse électrolytique (Küster);
Technique de l'Electrochimie inorganique (Borchers);
Technique de l'Electrochimie organique (Elbs).

La compétence des collaborateurs et la nature des sujets traités suffisent pour recommander d'une façon toute particulière le nouveau Dictionnaire à l'attention des spécialistes.

Le « Répertoire annuel d'Electrochimie » est déjà connu des lecteurs de la *Revue*; fondé par MM. Nernst et Borchers, la direction en est confiée, depuis 1901, à M. Danneel. C'est un recueil très complet de toutes les publications, tant scientifiques que pratiques, parues en 1901 sur l'Electrochimie. Les renvois bibliographiques sont nombreux et précis, les analyses sommaires suffisamment détaillées. L'éloge de ce recueil n'est d'ailleurs plus à faire. Il suffit de constater que la nouvelle Direction a suivi les traditions de l'ancienne, tout en donnant à cet ouvrage l'extension que comporte le développement incessant de l'Electrochimie.

Le petit manuel de M. Gerdes a un caractère tout spécial ; c'est un traité absolument élémentaire destiné aux personnes qui désirent s'initier aux principes de l'Electrochimie contemporaine, basée sur la théorie de la dissociation électrolytique. Comme tel, nous ne pouvons néanmoins que le recommander à l'attention des chimistes.

PHILIPPE-A. GUYE,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

Rabaté (E.), *Ingénieur-agronome.* — **L'Industrie des Résines**. — 1 *vol. in-16 de* 171 *pages avec* 38 *figures, de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.* (*Prix :* 2 *fr.* 50). *Gauthier-Villars et G. Masson, éditeurs. Paris,* 1903.

L'industrie des résines doit nous intéresser vivement, puisque la France est, après les Etats-Unis, le pays dans lequel cette industrie est le plus développée.

Sur 100.000 tonnes d'essence de térébenthine consommées annuellement, l'Amérique en fournit 70.000 et la France 14.000. C'est en Gascogne que l'on cultive principalement le Pin maritime et cet arbre y couvre environ 750.000 hectares.

L'industrie des résines emploie comme matière première la gemme fournie par quelques arbres résineux, notamment par les pins, le mélèze et l'épicéa. Le gemmage, c'est-à-dire la récolte de la gemme, se fait par des procédés variés, suivant qu'on veut conserver pendant longtemps à l'arbre sa vitalité ou qu'on veut le sacrifier en l'espace d'un ou deux ans. Ces procédés sont toujours simples, quelquefois même un peu primitifs et consistent à recueillir la gemme qui s'écoule par les entailles faites à l'arbre.

Le traitement de la gemme consiste ensuite à la distiller, de manière à extraire, d'une part, l'essence (18 °/₀ en moyenne) et, d'autre part, la colophane (70 °/₀). Cette distillation peut s'opérer à feu nu ou à la vapeur. M. Rabaté, qui décrit d'une manière très complète cette distillation et les divers appareils qui servent à l'effectuer, montre les avantages que présente la distillation à la vapeur, surtout dans les installations importantes. Ce procédé est cependant peu répandu. Sur les 200 usines de la région landaise, on n'en compte guère qu'une trentaine travaillant à la vapeur, et aux Etats-Unis la distillation se fait à feu nu. Ce dernier procédé n'est cependant à recommander que dans les installations peu importantes.

M. Rabaté non seulement décrit les opérations du gemmage et de la distillation, mais il donne des renseignements très intéressants sur l'analyse et le commerce des gemmes, l'analyse des essences, la fabrication et le raffinage des huiles de résine.

X. ROCQUES,
Ingénieur-chimiste.

3° Sciences naturelles

S. A. R. Luigi Amedeo di Savoia, *Duca degli Abruzzi*, **Cagni** (U.) et **Cavalli Molinelli** (A.).—**La « Stella Polare » nel Mare Artico.** — 1 *vol. in-8° de* 592 *pages, avec* 209 *figures,* 25 *tables,* 2 *panoramas et* 4 *cartes. Prix : broché,* 12 *fr.* 50, *relié,* 15 *fr. Milano, U. Hœpli,* 1903.

Ce livre contient la relation du voyage du duc des Abruzzes et de ses compagnons dans les régions arctiques.

Le plan de l'Expédition était assez différent de celui qui a été mis en pratique par Nansen. Ce voyageur utilisa un courant marin, dont on avait soupçonné à plusieurs reprises l'existence, et qui, du détroit de Behring, se dirige vers la mer du Nord, en parcourant toute la mer polaire. Pour réaliser son plan, Nansen fit engager son navire entre les glaces, et ensuite le laissa emporter par le courant. Mais ses prévisions ne se réalisèrent qu'en partie, puisque son navire — le *Fram* — resta toujours éloigné du pôle, avec des alternatives de progression et de régression. — Dans ces circonstances, Nansen songea à faire usage des traîneaux, et c'est à l'aide de ceux-ci qu'il put aller jusqu'à 86°14′ à peu près, latitude qui n'avait pas encore été atteinte. Il fut accompagné par Johansen. Au retour, les deux explorateurs trouvèrent l'Expédition de Jackson, avec laquelle ils prirent place sur le *Windward*, et ainsi ils purent rentrer en Europe avant le *Fram*. L'usage des traîneaux fut donc tout à fait accessoire dans l'Expédition de Nansen.

Au contraire, le plan imaginé par le duc des Abruzzes donnait un rôle prépondérant à ce moyen de locomotion, et ne laissait qu'un rôle subordonné à la route parcourue par le navire. Celui-ci devait s'abriter dans un golfe, le plus au nord possible, et y séjourner, tandis que les traîneaux se dirigeaient vers le pôle et en revenaient.

Dans ces conditions, il n'était pas nécessaire d'avoir un navire très résistant. On utilisa le *Jason*, qui avait déjà servi pour des voyages arctiques; on le fit réparer par Colin Archer, le constructeur bien connu du *Fram*, et on le baptisa du nom prophétique de *Stella Polare*, l'*Étoile Polaire*.

L'Expédition fut entreprise avec une pleine confiance dans le succès, presque sans préparation, à l'encontre de la méthode suivie par Nansen, Nordenskjöld et presque tous les explorateurs polaires. Les résultats obtenus démontrèrent qu'on avait eu raison. En effet, l'expédition de Nansen a duré plus de trois ans, tandis que celle du duc ne demanda que quinze mois; cependant, la limite supérieure atteinte par l'Expédition du *Fram* fut surpassée par celle de *Stella Polare* (86°34', latitude corrigée).

Tous les détails avaient été établis d'avance avec la plus grande précision. Ainsi, le voyage sur les traîneaux devait se faire par plusieurs personnes, divisées en trois groupes. Deux de ces groupes apportaient les vivres qui, pendant les premières semaines, devaient servir à toute l'Expédition : de cette manière on économisait les vivres du troisième groupe, qui, seul, devait continuer vers le nord, avec ses propres provisions, tandis que les deux autres revenaient en arrière, l'un après l'autre. Tout ce projet se réalisa. Seulement, — et c'est là la note triste — le premier des trois groupes ne revint pas : on ne sait pas quelle a été sa fin.

Le volume dans lequel les vicissitudes de l'Expédition ont été exposées a été écrit en collaboration par le duc, le capitaine Cagni et le docteur Cavalli Molinelli.

Le duc a rédigé la première partie. Il a été très sobre; son exposition est précise, claire, mesurée, sans ornements et sans artifices. D'abord, il résume ce qu'on avait fait avant lui; ensuite, il parle de son projet et des préparatifs, qui furent conduits avec soin et rapidité. Le 12 juin 1899, on quitta Christiania, et on alla embarquer les chiens et les vivres à Arkangel; le 20 juillet, on doubla le cap Flora, après y avoir laissé des vivres et du charbon; on traversa le détroit de Nightingale; dans le Canal Britannique, on rencontra le *Capella*, qui ramenait l'Expédition Wellmann. On arriva près de la barrière de glace au nord de l'île Prince Rodolphe, au delà de 82°. On choisit une petite baie mal défendue, mais commode pour le débarquement, la baie de Teplitz, à l'ouest de cette île, pour y passer l'hiver. On dut se frayer un chemin de 200 mètres à travers la banquise pour pouvoir s'amarrer auprès du rivage. On transforma le navire en habitation; mais la glace vint rapidement l'entourer; il subit de fortes pressions, s'inclina sur un côté et se remplit à moitié d'eau. On se défendit comme l'on put, et l'on se vit obligé de camper dans l'île. On utilisa les tentes, les voiles et les vergues pour bâtir une cabane à triple paroi, afin de se défendre mieux contre la basse température. Entre temps, on continua les préparatifs pour le voyage en traîneaux; on allait aussi à la chasse des ours et on faisait des excursions assez longues, pendant l'une desquelles le duc perdit deux phalanges : le médecin dut les amputer à cause d'une congélation.

Cette circonstance obligea l'organisateur de l'Expédition à renoncer au voyage en traîneaux, car elle le mettait dans une condition d'infériorité manifeste. On voulut commencer ce voyage le 21 février : neuf hommes partirent. Mais l'hiver n'était pas encore fini; le froid était encore intense, et on dut revenir en arrière. Le 11 mars eut lieu un nouveau départ, qui fut définitif; cette fois, l'Expédition était composée de dix hommes.

Le temps prévu d'avance pour le retour du premier groupe se passa dans la plus grande perplexité; on alla inutilement faire des recherches. Ce groupe était commandé par le lieutenant Querini et composé de trois personnes. Après quelques jours, le deuxième groupe faisait son retour; il était commandé par le Dr Cavalli et formé par quatre hommes. Ils ne rapportèrent aucune nouvelle de ceux qui les avaient précédés. On organisa une expédition pour aller à leur recherche; elle dura dix-huit jours, sans donner aucun résultat. On établit alors deux stations de vedette sur les caps Flegely et Germania; le duc et Cavalli y passèrent des heures à scruter l'horizon, pour apercevoir quelques indices; mais tout fut inutile.

L'Expédition principale tardait aussi à revenir; mais à la fin, le 23 juin, après cent quatre jours d'absence, on put se revoir. Les trois hommes qui la composaient se trouvaient dans un état pitoyable; leurs visages étaient émaciés, leurs habits en loques; les traîneaux et les kaïks se gouvernaient avec peine, ou étaient devenus inutilisables; les tentes étaient usées et raccommodées. Il ne restait plus que sept chiens amaigris et incapables de continuer à marcher.

A l'aide des eaux de fusion qui venaient de l'île et de substances explosives, on dégagea complètement le navire de la glace qui l'entourait, et qui était épaisse de plusieurs mètres. Pour les compagnons perdus, on laissa dans l'île un esquif, huit chiens avec de la nourriture abondante et beaucoup de provisions; ensuite on alla voir si, par hasard, ils s'étaient dirigés vers le cap Flora où, l'année précédente, on avait laissé des vivres. Mais toute espérance était déjà évanouie. Le *Capella*, envoyé plus tard par le duc à leur recherche, et l'Expédition Baldwin, qui parcourut ces parages, n'en trouvèrent, non plus, aucune trace. On dut se résigner.

La partie la plus intéressante du volume est celle où le capitaine Cagni fait la narration détaillée du voyage en traîneaux exécuté par le troisième groupe et dirigé par lui. Les murs de glace, d'une hauteur allant jusqu'à 15 mètres; les blocs informes, éparpillés chaotiquement; les longues crevasses et les zones de glace récentes qui augmentaient les périls de la marche; les souffrances causées par le froid, par le vent et par la neige; les surprises continuelles : tels furent les obstacles rencontrés, qui n'arrêtèrent cependant pas les intrépides voyageurs, et ne firent ni fléchir leur courage, ni diminuer leur enthousiasme. Le lecteur suit avec émotion et avec une anxiété croissante tous les épisodes de cette lutte audacieuse contre les éléments.

Le 20 avril, la course effrénée vers le nord s'arrêta : c'eût été folie de continuer. On fêta, le mieux qu'on put, la victoire remportée.

Le voyage de retour fut surtout difficile : la dérive déplaçait les explorateurs, et les éloignait continuellement de leur route; la faim se fit sentir, et on dut se nourrir de viande de chien presque crue et réduire les rations au-dessous des limites normales; la neige molle rendait difficile le chemin; la glace se désagrégeait, à cause de l'été, qui s'avançait toujours, et plusieurs fois on se trouva entouré complètement par la mer libre, isolé sur de grands blocs de glace : on soulevait alors les tentes, pour s'en servir comme de voiles et se laisser déplacer par le vent sur ces bateaux d'un nouveau genre. A cause de leur instabilité, ces blocs pouvaient culbuter d'un moment à l'autre, et recouvrir les voyageurs. A l'épuisement physique s'ajoutait parfois une forte dépression nerveuse, un état d'angoisse véritable, à cause des conditions presque désespérées de l'Expédition. A la fin, on vit la terre : c'était l'île Harley, au sud-ouest de la Terre du prince Rodolphe. On y arriva le 12 juin; mais ensuite on dut revenir sur ses pas, et on mit encore dix jours à retrouver l'île voisine, où se trouvait le campement.

Tout ce récit forme la deuxième partie du livre.

La dernière partie, due au Dr Cavalli, expose le retour du deuxième groupe. La narration est entraî-

nante, pleine d'esprit et de vivacité. — Un chapitre spécial a été consacré par l'auteur aux conditions hygiéniques de l'Expédition : il donne, en médecin, des conseils sur les vivres, les habits, etc. On pourra les utiliser pour d'autres explorations.

Quelques-uns des résultats scientifiques acquis ressortent déjà du livre dont nous venons de nous occuper. Ils ont trait surtout à la Géographie. Par exemple, on a établi, d'une manière définitive, que les prétendues terres de Petermann et du roi Oscar n'existent pas, et qu'elles doivent être rayées des cartes géographiques. Il n'y a aucune autre terre dans la région explorée : on se promenait toujours sur la glace, due à la congélation de l'eau marine; sous les pieds, il y avait les profondeurs océaniques. Cela concorde avec les prévisions de Lowthian Green, et avec celles, plus récentes, d'Antoine Stoppani, Elisée Reclus, A. de Lapparent et d'autres, relatives à l'existence, au pôle Nord, d'une mer vaste et profonde.

La carte géographique de l'archipel François-Joseph a été refaite complètement; entre autres choses le duc a relevé le contour exact de l'île Prince Rodolphe. Le cap Flora a été déplacé de presque un demi-degré à l'est; les caps Sherard, Osborn, Budapesth, etc., ont été supprimés; et ainsi de suite.

Mais la plupart des observations scientifiques ont été consignées dans un autre volume, dont nous parlerons prochainement. Dr L. Verney.

Paulhan (Fr.). — **Les Caractères.** — 1 *vol. de* 240 *pages.* 2e *édition, revue et augmentée d'une Préface nouvelle.* (*Prix*: 5 *fr.*) *Félix Alcan, éditeur. Paris*, 1902.

La valeur d'une science se trouve empiriquement déterminée par la possibilité qu'elle offre de passer de la théorie à la pratique, et la meilleure démonstration de ses lois générales est l'application qui en est faite. Aussi ne saurait-on accorder trop d'attention à l'étude du *caractère* et des *caractères*, puisque cette étude n'est précisément qu'un effort de la Psychologie abstraite et générale pour rendre compte de la réalité concrète des individus. — Cette science entrerait-elle déjà dans la voie des applications?

M. Paulhan est un de ceux à qui revient le mérite de s'être intéressés les premiers à cette attirante et difficile science du caractère, dont Stuart Mill faisait le but même de la Psychologie et dont M. Ribot a tracé les grandes lignes. Et il est surtout juste de dire qu'il est le premier à l'avoir poussée aussi loin. Depuis, il a été très suivi, presque toujours critiqué et, dans cette réédition de son excellent volume, il nous donne une préface assez longue qui remet fort judicieusement au point la question. Ajoutons que l'ouvrage, dans son ensemble, aboutit à des résultats curieux pour tout le monde, et qu'il est d'une lecture facile, attrayante même, et très souvent littéraire.

La méthode de l'auteur est analytique. A son avis, « les individus ne sont pas classables, si on les considère dans leur ensemble; il faut les analyser et les rapporter, selon leurs différentes qualités, à des groupes différents ». Si donc l'on appelle caractère d'un individu « la forme particulière de son activité mentale », l'objet d'une analyse des Caractères sera de classer ces formes. Comment trouver le principe de cette classification, et constituer ces groupes différents où se distribueront par fragments, pour ainsi parler, les individus ?

L'auteur emprunte tout naturellement à sa Psychologie théorique, — exposée particulièrement dans son livre sur *l'activité des éléments de l'esprit*, — les lois abstraites dont il a besoin comme point de départ. Un caractère est une forme et une matière, un arrangement d'éléments et des éléments : « Nous arrivons donc à considérer dans nos séries, dit la nouvelle Préface, d'abord les formes fondamentales de l'association des tendances et les qualités de ces tendances qui s'y rapportent, c'est-à-dire d'une part des caractères équilibrés, maîtres d'eux-mêmes, ou impulsifs, ou incohérents, etc., et d'autre part des caractères riches ou pauvres, purs ou troublés, vifs ou lents, aux sentiments durables ou fugaces, etc., et ensuite la nature même des tendances dominantes, c'est-à-dire des égoïstes, des altruistes, des gourmands, des ambitieux, des intellectuels, des affectifs, etc. » Ce sont là les cadres d'un caractère *in abstracto.* Etant donné un individu, il faudra successivement chercher dans quels cadres il peut rentrer, étant, par exemple, un unifié, de caractère riche, où domine l'ambition. Ce n'est pas autrement que, étant donné un individu social, « il peut être à la fois catholique, commerçant, membre d'une société coopérative et d'une société savante ou littéraire ».

Lors de sa première apparition, cet ouvrage fut très remarqué et il a soulevé, depuis, un grand nombre de critiques, notamment celles de MM. Fouillée et Malapert. Selon le premier, « ce qui est primordial, c'est le mode individuel de développement et de fonctionnement du processus psychique, *sentir*, *penser*, *vouloir* ». Nous préférons sans aucun doute la manière de voir de M. Paulhan à cette conception un peu surannée des « facultés » de l'esprit, nécessairement trop peu précises et trop peu différenciées pour exprimer la diversité des caractères. De son côté, M. Malapert signale, -- cette fois-ci la remarque est plus juste, — le côté formel de la méthode de l'auteur : « Un caractère, dit-il, n'est pas un mode de relations entre des tendances psychiques; il est ces tendances mêmes en relation les unes avec les autres. » Toutefois, il semble bien encore que le point de vue de M. Paulhan puisse rester entier, car la conscience est essentiellement un ensemble de relations et il n'est pas impossible que les consciences se différencient entre elles par le mode même des relations qui les constituent, — abstraction faite de leurs éléments. Ce ne sera pas là, bien entendu, le tout du caractère ; cela en sera un aspect — et ce sera déjà quelque chose...

Il y a, pensons-nous, bien autre chose, et ce très intéressant travail se trouve limité dans sa portée définitive par une double raison, également essentielle. La première tient à M. Paulhan lui-même. Il est allé de l'abstrait au concret, de la Psychologie générale à l'analyse de l'individu. Mais ces lois de la Psychologie générale sur lesquelles il se fonde, — Association systématique, Association par contraste, etc., — sont des hypothèses qu'il a proposées et non des faits. Ce n'est pas le lieu de les discuter ici et il suffit qu'elles soient discutables. Nous ne chicanons pas sur la méthode, qui est, sans doute, la seule possible, mais nous faisons des réserves sur les lois dont on se sert ici et qui ont été étudiées ailleurs. Les *caractères* de l'auteur sont fondés sur *sa* Psychologie. — La seconde raison est toute impersonnelle et n'entame en rien le mérite du travail; mais elle n'est pas moins grave : L'ouvrage aboutit à constituer des « cadres », alors que nous voudrions des « types ». Une classification, en sciences naturelles, repose sur des lois de coordination et de corrélation. Ici, rien de pareil. Quelques remarques, tout au plus, comme celle-ci : Les gens timides sont souvent susceptibles et rancuniers. Or, tant qu'on n'aura pas trouvé ainsi un ensemble de liaisons entre les traits de caractère, et surtout tant que l'on n'aura pas dégagé des qualités ou tendances dominatrices, on ne dépassera pas l'empirisme ou la déduction. M. Paulhan le sent bien. Il le regrette, — et nous aussi! Gaston Rageot,
Agrégé de l'Université.

4e Sciences médicales

Ministère des Colonies. — Instructions concernant les mesures à prendre contre les maladies endémiques, épidémiques et contagieuses. — *Brochure in-8° de* 95 *pages. O. Doin, éditeur. Paris*, 1903.

M. Doumergue, ministre des Colonies, vient, en ce moment où nombre de nos compatriotes sont entraînés à s'expatrier pour s'établir dans nos colonies, d'adres-

ser, aux gouverneurs de nos différentes possessions, une Notice rédigée par **M. A.** Kermorgant, inspecteur général du Service de Santé. Cette notice contient les indications les plus utiles pour mener à bien nos entreprises coloniales.

Pour coloniser, dit-il, il faut assainir, et c'est aux colons qu'il appartient d'engager les municipalités à prendre les mesures d'une hygiène bien comprise pour atteindre ce but; c'est le moyen d'attirer les colons que de leur faire connaître la façon de se préserver des maladies faciles à combattre, dont le cadre est assez restreint et qui, malheureusement, par suite de la mauvaise réputation qu'elles ont faite au pays, ont éloigné les colons et retardé l'avenir de plusieurs de nos colonies. Dans l'avant-propos de ce livre utile, l'auteur parle de la double influence à laquelle est forcément soumis tout Européen qui s'expatrie : celle des agents atmosphériques et celle des agents morbides.

Si l'on ne peut que peu de chose contre les premiers, il est possible de s'armer contre les seconds, grâce aux mesures hygiéniques et prophylactiques. L'auteur passe en revue les maladies causées par ces agents morbides. Dans les deux premiers chapitres, il traite du paludisme et de la fièvre jaune, recommande la destruction des moustiques qui transportent le parasite de ces maladies et donne le moyen de détruire ces insectes et de se préserver de leur morsure. Pour le paludisme, il préconise l'administration des sels de quinine aux malades et en recommande l'usage préventif.

Dans les pays où règne la lèpre, il démontre la nécessité de construire des léproseries et donne des conseils sur la façon d'aménager ces établissements.

Au sujet du béri-béri, qui semble ne pas pouvoir être transmis à la population blanche, il énumère l'ensemble des causes paraissant prédisposer à cette maladie : le travail excessif et au-dessus de leurs forces pour les habitants du pays, dont la nourriture est pauvre ; pour nos soldats indigènes, les marches forcées et une ration insuffisante et mal comprise. Ceux-ci doivent porter des vêtements secs et il faut éviter de leur faire passer la nuit étendus sur une natte dans des vêtements mouillés. L'influence morale tient aussi une place, selon lui, dans l'ensemble des causes pouvant amener cette maladie, encore peu étudiée. Il ajoute que M. Sambon affirme qu'elle est due aux excréments de rats atteints de béri-béri, infestant les greniers, et se trouverait transmise à l'homme par le riz contenu dans ces greniers.

L'auteur expose ensuite les dangers de l'alcoolisme dans nos colonies, préparant un champ favorable à la tuberculose.

Il parle de la fâcheuse influence que l'étalage de nos vices exerce sur les indigènes et de notre devoir de diminuer pour eux les cas de folie et de tuberculose en nous opposant par tous les moyens à la consommation de l'alcool : nous rendrons un service direct aux indigènes et ferons, en même temps, une bonne œuvre de colonisation.

Les chapitres suivants ont pour objet la fièvre typhoïde et le choléra. L'auteur insiste sur l'importance de la désinfection des selles des malades et la nécessité d'avoir une bonne eau d'alimentation; il décrit les précautions à prendre en présence d'un cas de choléra et dans les locaux préalablement habités par des malades, signale le danger de l'ingestion des fruits, des crudités, de tout ce qui peut provoquer la diarrhée en temps d'épidémie et indique l'hygiène alimentaire à suivre.

A propos de la peste, ce fléau dont nous sommes menacés en Europe et dans nos possessions, il donne les moyens d'éviter la maladie et des renseignements sur la manière de pratiquer les inoculations préventives ou curatives. Pour la destruction des rats, ces colporteurs du fléau, il recommande l'usage du gaz sulfureux produit par l'appareil Clayton, dont il donne une longue et claire description; il parle de l'emploi de cet appareil à bord des bateaux pour détruire rats, puces, punaises et tous les insectes. En outre, il résume les expériences faites par le Dr Calmette, de Lille, qui démontrent que le gaz Clayton détruit les microbes de la peste, du choléra, de la fièvre typhoïde; en l'employant à bord des navires, on fait donc une véritable désinfection contre les maladies exotiques, et on peut supprimer les quarantaines.

Le dernier chapitre est consacré à la variole et donne les moyens de répandre le vaccin, et de s'en procurer dans les pays où les génisses sont rares.

Tel qu'est ce livre, il constitue un guide précieux pour ceux qui sont à la tête de nos provinces lointaines; il est à souhaiter que ces enseignements se répandent dans notre vaste domaine colonial.

Nous ne saurions trop insister, dit l'auteur, sur la nécessité absolue qui s'impose pour toutes nos colonies de s'outiller le plus rapidement possible en matériel sanitaire, afin d'être prêtes à toutes les éventualités et de pouvoir se mettre en garde contre les maladies importées aujourd'hui de toutes les parties du monde, maladies dont le nombre ne peut que s'accroître, par suite des communications de plus en plus nombreuses et de plus en plus rapides qui nous mettent en relation avec les pays lointains.

Les installations premières nécessiteront évidemment de grosses dépenses; mais celles-ci se réduiront à peu de chose, si on veut bien les comparer aux pertes considérables subies du fait des quarantaines ou des épidémies, qui non seulement arrêtent complètement les transactions commerciales, mais encore portent de sérieuses entraves à la colonisation par le mauvais renom qui rejaillit sur les colonies. Malheureusement, quand une épidémie a pris fin, on ne songe qu'à réparer, au plus tôt, les pertes matérielles qu'elle a occasionnées et l'on ne se préoccupe pas assez des moyens propres à prévenir le retour offensif, toujours possible, du fléau. On ne se rend pas également assez compte du déchet humain imputable à des maladies susceptibles d'être enrayées par une sage prévoyance. C'est pourtant une question vitale, tant pour les Européens que pour les indigènes, ces auxiliaires indispensables à toute entreprise de colonisation et sans le concours desquels elle sera frappée d'avance de stérilité.

Que les autorités de nos colonies écoutent les sages conseils du médecin-inspecteur Kermorgant lorsqu'en terminant il émet le vœu de les voir s'entendre entre elles pour mener à bien la grande œuvre d'assainissement de nos différentes possessions d'outre-mer, la locution : *si vis pacem para bellum* étant applicable à la défense sanitaire de ces pays par des mesures d'hygiène mises en pratique avec suite et méthode.

Cette brochure, bien faite et bien comprise, écrite par un homme des plus compétents, devrait être entre les mains de tous les coloniaux, administrateurs et colons.

Qu'il me soit permis, en terminant, d'exprimer la désagréable surprise que je viens d'avoir en lisant, dans un livre d'hygiène anglais, qu'en Tunisie sévit d'une manière épouvantable la fièvre typhoïde; comme preuve, l'auteur anglais citait l'épidémie apportée de France par le corps d'occupation au moment de notre prise de possession de ce pays, qui est parfaitement sain lorsqu'on y suit les règles de l'hygiène.

Au moment où les Américains, en appliquant des mesures d'hygiène, viennent de supprimer la fièvre jaune à Cuba, il existe une colonie française où un colon a dû abandonner une concession après y avoir dépensé plusieurs centaines de mille francs. Il recule devant la responsabilité morale, après avoir vu mourir les uns après les autres, en deux ans, trois directeurs qu'il avait mis successivement à la tête de son exploitation, et ces hommes sont tous les trois morts de la même maladie, qui est cependant une affection essentiellement évitable.

Dr Adrien Loir,

Professeur d'Hygiène à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture coloniale.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 11 Mai 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Al.-S. Chessin** communique ses recherches sur une classe d'équations différentielles réductibles à l'équation de Bessel. — M. **Mesuret** étudie les systèmes linéaires de cercles. A tout cercle C de l'espace, on peut faire correspondre un autre cercle C' tel que, si une sphère S est orthogonale au cercle C', sa conjuguée S' est orthogonale au cercle C. — M. **Ed. Maillet** présente ses recherches sur les zéros des fonctions monodromes ou à v branches.

2° Sciences physiques. — M. **R. Blondlot** a constaté que le bec Auer émet des radiations ayant la propriété de traverser les métaux, le bois, le mica, le caoutchouc, etc., etc. L'indice du quartz pour diverses espèces de ces radiations est 2,94, 2,62, 2,44, 2,29. — MM. **Bouasse** et **Carrière** ont observé que le module de traction et le coefficient de dilatation du caoutchouc vulcanisé varient dans de larges limites, entre les mêmes charges et les mêmes températures, suivant les opérations antérieures subies par le caoutchouc. — M. **Edm. van Aubel** a étudié les phénomènes thermomagnétiques longitudinal et transversal pour quelques alliages de bismuth avec de petites quantités de plomb. La présence du plomb diminue l'effet longitudinal, qui peut devenir négatif; au contraire, elle accroît considérablement la valeur de l'effet transversal. — M. **M. Berthelot** communique de nouvelles expériences démontrant la loi d'après laquelle la force électromotrice développée par l'action d'un acide sur une base est égale à la somme des forces développées par l'action du sel correspondant sur l'acide d'une part, et sur la base d'autre part. — MM. **A. Brochet** et **G. Ranson** ont observé que l'électrolyse d'un sulfure alcalin donne à l'anode, suivant les conditions de concentration, soit du soufre, soit des composés d'oxydation allant jusqu'à l'acide sulfurique. — M. **W. de Fonvielle** attribue l'incendie spontané des ballons pendant l'atterrissage, dont on connaît déjà plusieurs cas, à l'accumulation d'électricité positive à la partie supérieure du ballon et à la production d'une étincelle au moment où l'aéronaute ouvre la soupape pour favoriser la sortie du gaz. — M. **P. Freundler** : Sur l'alcool benzène-azo-orthobenzylique et sa transformation en phénylindazol et en azodiphénylméthane (voir p. 634). — M. **F. Bodroux** a fait réagir quelques hydrocarbures aromatiques, dihalogénés dans le noyau, sur le magnésium en présence d'éther. L'iode réagit à son tour sur les dérivés organo-métalliques formés pour donner des composés de substitution iodés. — M. **E.-E. Blaise** : Sur la méthylation du glutaconate d'éthyle (voir p. 680). — MM. **G. Blanc** et M. **Desfontaines** étudient la migration du groupe méthyle dans les dérivés du camphre. — MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey** ont constaté que l'ensemble des ferments solubles que produisent les graines de Palmiers pendant la germination renferme un ou plusieurs termes enzymotiques, qui manquent dans la séminase des graines de Luzerne et qui peuvent être considérés comme complémentaires de cette séminase dans l'action qu'elle est susceptible d'exercer sur les albumens des Palmiers. — M. **E. Pozzi-Escot** a reconnu que les ferments saponifiants des graines végétales, très actifs sur les fonctions éthers des acides gras acycliques, ont une activité très faible et presque nulle vis-à-vis des fonctions éthers phénoliques (salol). — M. **H. Pottevin** a observé que si, à un extrait glycériné de pancréas, on ajoute de l'acide oléique, il s'éthérifie en partie; si l'on ajoute de la monooléine, elle est partiellement dédoublée. Dans les deux cas, la réaction aboutit à un état d'équilibre caractérisé par la même valeur du rapport entre les poids d'acide libre et combiné. — MM. **Bouilhac** et **Giustiniani** ont constaté que l'aldéhyde formique peut servir d'aliment hydrocarboné à la moutarde blanche et lui permettre de prospérer lorsque, la plante étant insuffisamment éclairée, l'assimilation chlorophyllienne devient difficile.

3° Sciences naturelles. — M. et Mme **L. Lapicque** ont reconnu que la formule de M. Weiss n'est qu'une expression approchée de la loi de l'excitation électrique. — M. **A. Calmette** a observé que, lorsqu'on emploie le sérum antitétanique sec, finement pulvérisé, au pansement de plaies tétanigènes expérimentales, de 2 à 6 heures après l'infection, aucun des animaux traités ne prend le tétanos. Cette méthode pourrait être employée avec avantage au traitement des plaies de l'homme. — M. **L. Bruntz** a reconnu chez les Onychophores, par la méthode des injections physiologiques, deux sortes d'organes excréteurs : les néphrocytes à carminate et les reins pédieux, essentiellement composés d'un saccule et d'un labyrinthe. — M. **L. Daniel** a constaté que la greffe de parties annuelles de plantes vivaces sur sujets vivaces appropriés permet de modifier la durée de ces parties annuelles et de prolonger leur floraison. La greffe de plantes vivaces sur plantes annuelles dans un climat donné peut quelquefois rendre le sujet persistant. — M. **E. Boulanger** demande l'ouverture d'un pli cacheté, déposé en décembre 1900 et dans lequel il annonçait avoir obtenu des milliers de cultures pures de mycélium truffier, avec lesquelles il se proposait d'ensemencer des terrains appropriés. — M. **A. de Lapparent** annonce que le capitaine Gaden a recueilli, à l'ouest de Zinder, quatre oursins fossiles appartenant au Lutétien. On est donc fondé à considérer comme certain que la mer lutétienne s'est avancée jusqu'au cœur du Soudan.

Séance du 18 Mai 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Autonne** étudie la décomposition d'une substitution linéaire, réelle et orthogonale, en un produit d'inversions. — M. **O. Callandreau** a comparé la distribution des éléments des petites planètes et des comètes à courte période en prenant la longitude de l'aphélie comme argument. Il trouve une grande analogie de distribution; il y a, pour les comètes, symétrie par rapport à l'aphélie de Jupiter. Il est donc naturel d'admettre que Jupiter exerce sur les matériaux des comètes passant dans son voisinage une action physique analogue à celle du Soleil. — M. **J. Mascart** calcule, par des approximations successives, les perturbations séculaires dues à Jupiter et du premier degré par rapport à l'excentricité. — M. **M. Amann** a observé à Aoste l'éclipse de Lune des 11-12 avril. La portion éclipsée du disque, restée invisible pendant la première partie de l'éclipse, est devenue de plus en plus visible pendant la seconde partie, avec une couleur rouge cuivré. — M. **G. Lippmann** cherche à expliquer la conclusion à laquelle est arrivé autrefois M. Faye : c'est que, dans la réduction des observations du pendule, il n'y a pas lieu de tenir compte de l'attraction des massifs continentaux. Il envisage la croûte terrestre flexible reposant sur les masses sous-jacentes liquides. D'après le principe d'Archimède, il y a égalité entre le poids de matière solide accumulée sur une surface donnée et le poids de liquide déplacé : il y a donc compensation. — M. **E. Guyou** décrit un nouveau dispositif pour mesurer la vitesse des navires à la mer.

Il est basé sur l'avance par tour de rotation de la machine, contrôlée, dans toutes les circonstances où elle peut changer, par un nouveau loch où la ficelle se dévide au lieu de se dérouler sur un tambour.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. A. **Angot** a reconnu que les causes naturelles qui, d'une année à l'autre, produisent les variations de température d'un même mois se comportent exactement, pour toute la France, comme des causes fortuites. Pour établir des cartes qui représentent la distribution moyenne des températures, il est absolument indispensable que toutes les séries employées soient les plus longues possible, mais surtout composées des *mêmes* années d'observations. — M. H. **Becquerel** a constaté que la paraffine solide devient conductrice lorsqu'elle est traversée par le rayonnement du radium; en outre, après le moment où l'influence radiante a cessé d'agir, la paraffine solide conserve une conductibilité qui diminue rapidement, mais reste cependant appréciable pendant une demi-heure environ. — M. Ed. **van Aubel** a observé que les corps traités par l'ozone et susceptibles d'être attaqués par lui augmentent la conductibilité électrique du sélénium, mais que le retour à la valeur primitive de la résistance électrique de la pile est extrêmement lent. — M. **Korn** décrit le principe d'un appareil récepteur permettant de transformer de très faibles courants électriques en radiations lumineuses dont l'intensité varie avec l'intensité de ces faibles courants transmis. — M. P. **Vaillant** a constaté, par des mesures colorimétriques faites au spectrophotomètre, que le paranitrophénol PH est incolore et son ion P coloré; le paranitrophénate de K est coloré et de même couleur que son anion. Il semble donc bien qu'un indicateur est un acide ou une base faible dont la couleur diffère de celle de ses sels. — MM. A. **Brochet** et G. **Ranson** ont étudié l'électrolyse des sulfures alcalino-terreux et obtenu les mêmes résultats que dans celle des sulfures alcalins. — M. H. **Moissan** a préparé le césium-ammonium et le rubidium-ammonium en faisant arriver l'ammoniac liquéfié au contact du métal brillant, passé au préalable à la filière dans un courant de CO^2 sec. Ce sont des solides cristallins, couleur laiton, brûlant spontanément à l'air. — MM. H. **Baubigny** et G. **Chavanne** proposent de doser les halogènes dans les corps organiques en oxydant ces derniers par le mélange sulfo-chromique. Le chlore et le brome se dégagent en nature, tandis que l'iode est oxydé et retenu en totalité dans la solution à l'état d'acide iodique. — M. V. **Grignard** a fait réagir le chlorure d'éthyloxalyle sur les combinaisons organo-magnésiennes mixtes. En présence d'un excès du premier, il se forme des oxalates mixtes; en présence d'un excès des secondes, on obtient les acides dialkylglycoliques. — M. M. **Delage** décrit les composés obtenus par l'action d'une base alcalino-terreuse sur un pyrogallolsulfonate du même métal. — M. A. **Trillat** a constaté que le tétraméthyldiphénylméthane, en solution acide, donne une magnifique coloration bleue, stable à chaud, avec les bioxydes de plomb, manganèse et cuivre; cette réaction, très sensible, peut être employée en analyse. — M. A. **Buisine** a observé qu'à 350° la réaction de la chaux potassée sur la glycérine correspond à l'équation : $C^3H^8O^3 + 4KOH = 2CO^3K^2 + 6H + CH^4 + H^2O$. Cette réaction peut être appliquée au dosage de la glycérine par mesure du volume gazeux obtenu.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. J. **Albarran** a constaté que, dans l'unité de temps, les deux reins sécrètent des quantités d'urine différentes, ayant une composition dissemblable. La différence entre les deux reins s'atténue en proportion directe du temps écoulé. Le rein qui fournit le plus d'urine sécrète un liquide moins concentré. — M. A. **Krempf** a observé, sur quelques Apores du groupe des *Oculininae* et des *Pociloporinae*, une particularité d'organisation inattendue, constituée par un tentacule invaginé et modifié dans son volume et sa structure. — M. H. **Douvillé** signale une cause de variation des faunes fossiles dans les variations de température qui se sont produites dans le Crétacé et à la fin de l'Eocène.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 12 Mai 1903.

M. **Yvon** présente un Rapport sur un projet d'arrangement international relatif à l'unification de la formule des médicaments héroïques. — M. G. **Dieulafoy** signale un cas de tétanos consécutif à une injection de sérum gélatiné. La pathogénie de l'affection n'est pas douteuse, car on a retrouvé le bacille tétanique dans la gélatine ayant servi à l'injection. Il y a lieu de prendre les plus grandes précautions dans l'usage de la gélatine et de stériliser toujours celle-ci au-dessus de 110°. — M. **Villemin** donne lecture d'un travail sur le traitement des ostéoarthrites tuberculeuses du genou par l'association combinée de la méthode sclérogène et des injections intra-articulaires. — MM. **Vaillard** et **Doepter** communiquent leurs recherches sur l'étiologie de la dysenterie épidémique.

Séance du 19 Mai 1903.

M. A. **Fournier** étudie les cas où la syphilis doit être rendue responsable du suicide à un titre quelconque; il les divise en quatre groupes: 1° Cas où le suicide est le résultat d'un trouble mental dérivant de la syphilis (encéphalopathie spécifique, gomme cérébrale, psychose, etc...); 2° Cas où il est le résultat d'un désespoir du malade en face d'un accident syphilitique grave ou, tout au moins, réputé tel par lui; 3° Cas où il suit immédiatement la notification brusque de la syphilis, qui apparaît au malade comme un épouvantail; 4° Cas relatifs aux situations sociales que crée la syphilis par rapport au mariage. Il conclut qu'il convient d'en user prudemment avec les gens, lorsqu'il s'agit de leur annoncer qu'ils viennent de contracter la syphilis. Ensuite, il est du devoir du médecin de surveiller avec sollicitude le *moral* de ses malades syphilitiques. — M. **Galezowski** lit un mémoire sur un nouveau traitement du trachome granuleux conjonctival par la cupricine ou cyanure de cuivre. — M. **Touchard** donne lecture d'un travail sur une nouvelle application de la cocaïne en art dentaire.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 9 Mai 1903.

MM. V. **Henri** et **Larguier des Bancels** : Loi d'action de la trypsine sur la gélatine (voir p. 579). — M. A. **Billet** a recueilli à Touggourt une nouvelle espèce de Culicides, l'*Anopheles Chaudoyei*, qui pullule pendant toute la durée de la saison palustre (juin-novembre) et doit être considéré comme l'agent de l'affection malarienne. — MM. Em. **Bourquelot** et H. **Hérissey** : Action successive des acides et des ferments solubles sur les polysaccharides à poids moléculaire élevé (voir p. 630). — MM. R. **Blanchard** et L. **Dyé** ont étudié un lot de moustiques envoyés de la côte d'Ivoire. Le *Stegomyia calopus*, véhicule de la fièvre jaune, y prédomine. — M. L. **Marchand** a étudié les lésions des testicules et des ovaires chez les paralytiques généraux; elles se résument ainsi : disparition totale ou partielle des spermatozoïdes, disparition totale ou partielle des ovules. — M. A. **Giard** déduit de ses observations qu'il n'y a, dans le Pas-de-Calais, qu'une race de Hareng, qui est le Hareng d'hiver; celui-ci est amené à la côte après avoir frayé par la nécessité de chercher une nourriture plus abondante, qu'il trouve sous forme de plankton d'hiver. — M. F. **Bottazzi** indique un moyen de recueillir des masses considérables de cellules épithéliales des surfaces muqueuses ou séreuses; il consiste à traiter ces organes avec des solutions de fluorure de sodium, qui provoquent le détachement des cellules. L'auteur a essayé sa méthode sur le poumon, l'estomac et l'intestin. — M. E. **Maurel** a constaté que tout

agent capable de donner la forme sphérique aux leucocytes peut diminuer leur nombre dans la partie circulante du sang; les leucocytes sont alors retenus par les capillaires ou les petits vaisseaux. L'hypoleucocytose sera encore augmentée si les agents en question sont également vaso-constricteurs. — **M. A. Weber** décrit deux modes de formation des ébauches pancréatiques ventrales du Canard. — Le même auteur déduit de ses recherches embryologiques que l'estomac doit être rangé dans l'intestin moyen et que la terminaison de l'œsophage forme la limite entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen. — **MM. A. Gilbert, M. Herscher** et **S. Posternak** ont reconnu que l'anneau bleu produit par le réactif de Gmelin dans certains sérums (réaction de Hayem) doit être attribué uniquement à la bilirubine. — **MM. A. Dastre** et **H. Stassano** ont constaté que la macération d'Ascaris possède bien des propriétés antikinasiques, qui sont plus prononcées en présence de l'albumine. — **MM. Ed. Lesné** et **Ch. Richet fils** ont observé qu'on peut élever ou abaisser la toxicité de tel ou tel poison en augmentant ou en diminuant la proportion des substances solubles non toxiques. — **M. P. Mulon** a reconnu que, chez le cobaye, la karyokinèse paraît être un mode de reproduction accessoire des cellules corticales surrénales; la division directe est, au contraire, absolument constante; on l'observe uniquement au niveau de la couche glomérulaire. — **M. L. Wahl** signale un cas de macrodactylie congénitale chez une aliénée dégénérée. — **MM. Landrieux** et **L. Wahl** communiquent un cas d'acromégalie chez un sujet dégénéré, ancien syphilitique et dysentérique, ayant eu une pleurésie à la suite de laquelle il est devenu tuberculeux. — **M. G. Leven** pense qu'un aliment peut provoquer l'obésité, lorsqu'il est indigeste, quelle que soit sa formule chimique ou sa valeur calorique. L'alcool, en particulier, créerait l'obésité en provoquant la dyspepsie gastro-intestinale. — **M. J. Noé** a reconnu que la durée de la résistance à l'inanition varie en raison inverse de l'âge de la croissance, et la perte quotidienne moyenne proportionnellement au poids total. — **MM. F. Bezançon** et **V. Griffon** ont cultivé avec succès le bacille tuberculeux sur le jaune d'œuf gélosé. — **M. C. Phisalix**, en employant le jaune d'œuf comme milieu de culture du bacille Koch, a vu les caractères de ce bacille se modifier profondément. — **MM. G. Linossier** et **G.-H. Lemoine** ont observé que l'iodure de potassium et le bleu de méthylène s'éliminent en bien moindre quantité dans la station verticale que dans la position couchée. — **M.** et **Mme L. Lapicque** ont reconnu que la formule de Weiss pour l'excitation électrique n'est qu'une formule approchée. — **Mlles I. Ioteyko** et **M. Stefanowska** ont constaté, par des expériences faites sur 50 sujets, que la sensibilité à la douleur du côté gauche est plus marquée que du côté droit (dans le rapport de 10 à 9). — **Mlle I. Ioteyko** a observé que le menthol exerce une action analgésiante manifeste, laquelle précède toujours la sensation de froid, due à l'excitation des nerfs du froid.

Séance du 16 *Mai* 1903.

M. A. Laveran a reconnu que l'*Hemamœba Ziemanni* est une hémamibe bien caractérisée, avec des formes femelles et mâles, ces dernières donnant naissance à des flagelles. — **M. A. Briot** a observé que les épines dorsales de la Vive ne contiennent que peu ou point de venin comparativement aux épines operculaires. — **M. L. Martin** a préparé des pastilles de sérum antidiphtérique retiré de chevaux ayant reçu des microbes chauffés une heure à 100°. Ce sérum a une action locale caractéristique; il diminue la douleur et facilite le détachement des fausses membranes. — **M. A. Giard** a trouvé chez le Hareng une nouvelle espèce d'*Ascaris*, l'*A. clupeae*, caractérisée par des exuviations cuticulaires avec changements morphologiques. — **M. L. Malloizel** a observé la régénération, après section, de la corde du tympan chez un chien à fistule sous-maxillaire permanente. — **MM. A. Desmoulières** et **A. Gautrelet** ont reconnu la présence constante d'urobiline dans le lait de vache normal. — **MM. A. Dastre** et **A. Stassano** ont constaté que l'effet *anti* de l'antikinase est le résultat d'une inhibition et non d'une destruction de la kinase, et que l'antikinase se détruit spontanément, avec rapidité à 37°, avec lenteur à la température ordinaire. Dans la digestion pancréatique d'un cube d'albumine, la liqueur digestive se partage en deux portions : une portion imprègne le cube d'albumine; une autre portion le baigne. Dans l'une et l'autre, la kinase conserve son individualité. — **M. C. Gessard** a observé que l'addition d'eau oxygénée accélère la coloration de la tyrosine par la tyrosinase et entrave le bleuissement du gaïac par la laccase. — **M. G. Bohn** montre l'importance de la locomotion par les cils dans les premiers jours après l'éclosion des larves d'Amphibiens; à la fin du troisième jour les mouvements musculaires entrent en jeu. Les mouvements des cils, purement propulseurs, sont invariables; les mouvements musculaires ont un rôle directeur et offrent une assez grande variabilité.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 5 *Mai* 1903.

M. Cavalié a observé, chez le lapin et la torpille, les modifications microscopiques suivantes des terminaisons nerveuses motrices sous l'influence du curare : 1° les noyaux d'arborisation sont altérés; 2° les rameaux nerveux primaires sont plus irréguliers que normalement; 3° les rameaux secondaires ne sont pas colorés; peut-être sont-ils rétractés. — **M. Le Dantec** définit la dysenterie à spirilles : une diphtérie spirillaire de l'intestin.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 12 *Mai* 1903.

M. L. Garnier décrit un moyen de dosage des corps puriques, de l'acide urique et des bases alloxuriques de l'urine par un procédé mixte dérivé des procédés de Folin et Schaffer et de Denigès. — **M. Ed. Meyer** a observé chez des chiens refroidis à 24° un renversement du sens des contractions du cœur, qui débutaient par le ventricule et se continuaient par une systole de l'oreillette et de la veine cave supérieure. — **M. P. Bouin** a constaté que les centrioles ou doubles granules des spermatides sont homologues des centrosomes ou doubles granules des cellules tissulaires. Le centrosome paraît constitué par une condensation cytoplasmique autour du ou des centrioles; c'est un organe non spécifique et non permanent. — **M. A. Weber** communique ses recherches sur un organe excréteur rudimentaire dans la région cloacale des embryons d'oiseaux, et sur l'extrémité caudale du canal de Wolff. — **M. L. Bruntz** a reconnu que les Phyllopodes possèdent une paire de reins maxillaires, formés d'un saccule éliminant le carminate et d'un labyrinthe éliminant le carmin d'indigo. Ils possèdent une paire de reins antennaires, composés seulement des saccules éliminant le carminate. Les Branchiopodes et les Copépodes possèdent des néphrocytes à carminate.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 *Mai* 1903.

M. Cotton présente, au nom de **M. Pierre Weiss**, un appareil destiné à mesurer la fréquence d'un courant alternatif par la résonance d'une corde vibrante de tension variable. Cette corde est un fil de fer dont le milieu est voisin des pôles d'un petit électro-aimant parcouru par le courant dont on cherche la fréquence. La tension de la corde se compose d'une partie constante, fournie par le poids d'un levier coudé à l'un des bras duquel l'une des extrémités de la corde est fixée, et d'une partie variable, obtenue au moyen d'un ressort que l'on tend du même mouvement qui déplace une

aiguille devant un cadran gradué en fréquences. Au moment où le nombre de vibrations de la corde est double de la fréquence, la résonance se produit brusquement et s'apprécie par l'amplitude facilement visible des vibrations. Dans le modèle actuel, la graduation va de 40 à 60 périodes par seconde, et l'on détermine sans peine, et instantanément, la fréquence à un dixième de période près. — M. **G. Sagnac** étudie la *propagation de la phase des vibrations au voisinage d'un foyer*. Les travaux classiques de M. Gouy ont fixé nos connaissances relativement à la nature du mouvement vibratoire et à sa propagation[1]. M. Gouy a montré, en particulier, ce qu'on doit entendre, dans chaque cas, par vitesse de propagation d'un mouvement vibratoire. Une suite de rides se propageant à la surface d'un liquide fournit l'exemple d'un cas où deux vitesses de propagation très différentes coexistent : la *vitesse du front de l'ébranlement* et la vitesse de chacune des rides qui forment cet ébranlement; celle-ci définit la *propagation de la forme de l'ébranlement*. Dans le cas où le mouvement vibratoire est permanent et périodique simple, la propagation de la forme de l'ébranlement est définie par la *vitesse de propagation de la phase* des vibrations périodiques simples. M. Gouy a montré comment, à partir de ce cas fondamental, on peut toujours traiter le cas général de la propagation d'un ébranlement limité de nature quelconque. M. Sagnac indique que, dans le cas où la vitesse d'un front d'ébranlement a une valeur définie V pour un front d'onde plan, elle a nécessairement cette même valeur V pour un front d'onde sphérique de rayon quelconque et pour un front d'onde de forme quelconque; cela résulte immédiatement du principe des ondes enveloppes ou principe d'Huygens (qu'il ne faut pas confondre avec le principe d'Huygens-Fresnel). Cette loi simple ne subsiste plus, s'il s'agit de la propagation d'un ébranlement permanent. En particulier, la vitesse de propagation de la phase d'une vibration périodique simple ne présente une valeur définie W, constante à toute distance, que si les ondes sont planes; c'est alors seulement que la longueur d'onde ($\lambda = W\theta$) est une constante. Pour des ondes sphériques, la vitesse de propagation de la phase peut avoir une valeur W' variant avec le rayon des ondes, et le phénomène vibratoire, périodique en chaque point dans le temps, n'est plus toujours périodique dans l'espace. M. Gouy a insisté sur ce phénomène de *propagation anomale* des vibrations au voisinage d'un centre d'ébranlement, dans le cas des vibrations mécaniques longitudinales qu'émet une sphère pulsante qui s'enfle et se désenfle périodiquement[2]. Des anomalies de même espèce se retrouvent sous des formes diverses dans divers cas d'émission. Dans tous les cas, la vitesse de propagation des vibrations u' émises par un centre d'ébranlement C, ne diffère notablement de la valeur normale W qu'à des distances du centre inférieures à la longueur d'onde normale λ. Elle tend exactement vers W à mesure que la distance CP du centre d'émission devient grande par rapport à λ. La phase tend alors, dans certains cas d'émission, vers une valeur *en avance d'un quart de période* sur la phase des vibrations u de période qui, synchrones avec les vibrations u' au centre d'émission C, se seraient propagées suivant CP avec la vitesse normale constante W (par ondes planes ou sphériques de rayons grands vis-à-vis de λ). C'est le cas de la vibration mécanique émise par une sphère pulsante; celui de la vibration électrique émise par un doublet magnétique; celui de la vibration, de nature quelconque, émise par un élément d'onde d'Huygens-Fresnel. D'autre part, M. Gouy a démontré par une théorie purement cinématique applicable à toutes les espèces de vibrations, que les vibrations u' des ondes sphériques qui convergent en un foyer F doivent, en se propageant le long de l'axe focal AFP, si les distances AF et FP sont assez grandes, gagner aussi de A en F une avance d'un quart de période, et de F en P une avance égale, par rapport aux vibrations u de vitesse de propagation normale W. Les vibrations u et u', synchrones en A, y produiront en interférant par exemple un phénomène à centre brillant; en P, u et u' auront des signes opposés et le centre d'interférence sera noir. C'est ce que M. Gouy a vérifié. Mais on n'a point pénétré dans la zone AFP où doit se faire, suivant une loi inconnue, la modification progressive de la phase. M. Sagnac a établi et vérifié par l'expérience, dans ses principales conséquences, la loi complète de la propagation dans la région focale AFP. Or, cette loi est profondément différente de la loi de propagation de la vibration mécanique au voisinage d'une sphère pulsante ou glissante ou de la vibration électrique au voisinage d'un doublet magnétique; en particulier, l'étendue de la région AFP dans laquelle règnent les anomalies n'est pas, comme on le croyait, de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde λ : elle est aussi étendue qu'on veut, si la distance focale est suffisamment grande et si le diaphragme de l'instrument convergent est suffisamment étroit. Enfin, les anomalies de la propagation subsistent encore, s'il n'y a pas de foyer. M. Sagnac expose comment la *diffraction sur l'axe* de l'instrument entraîne nécessairement les anomalies de la propagation aux divers points de l'axe. Il fait la théorie de la propagation anomale sur l'axe d'une ouverture annulaire, sur l'axe d'une ouverture circulaire nue (chambre noire sans objectif), enfin sur l'axe d'un instrument convergent diaphragmé par une ouverture circulaire. Il suppose, pour faire les calculs et les rendre applicables à toute espèce de vibrations, que le cercle de contour de l'ouverture est vu sous un petit angle solide des différents points de l'axe où l'on étudie la propagation. Il calcule et représente géométriquement, d'après la règle de Fresnel, la vibration sur l'axe et les variations anomales de la phase tout le long de l'axe. Il fait voir ensuite que la région AFP, où règne la propagation dite anormale, devrait s'étendre *indéfiniment* le long de l'axe, si la source des vibrations incidentes était périodique simple, sans dimensions et exactement centrée sur le même axe, et si l'instrument était parfaitement aplanétique. L'imperfection avec laquelle sont réalisées ces conditions limite, dans chaque cas, la zone anomale à une longueur AFP plus ou moins courte. La théorie conduit, pour allonger AFP, à restreindre le diamètre de l'ouverture et à augmenter la distance du foyer F à la lentille. Les résultats présentés par M. Sagnac complètent la théorie *cinématique* de M. Gouy relative au changement de signe qui se présente de part et d'autre, et *à grande distance* d'un foyer, en précisant ce qui se passe *à toutes les distances* et au voisinage même du foyer, et en montrant que des phénomènes de même espèce se produisent *sans qu'il y ait de foyer*.

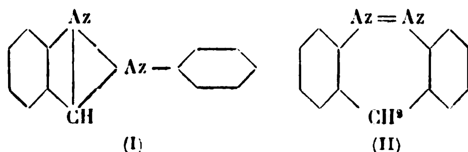
SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 8 Mai 1903.

M. **A. Haller** communique, en son nom et au nom de M. **Minguin**, des recherches sur l'influence des dissolvants sur le pouvoir rotatoire de quelques dérivés du camphre. Partant de ce fait, déjà montré antérieurement par lui sur un certain nombre de molécules, que la formation d'une double liaison dans un noyau renfermant un atome de carbone asymétrique a pour effet d'exagérer le pouvoir rotatoire de la molécule, M. A. Haller fait voir que les dissolvants qui provoquent l'énolisation d'un corps cétonique actif ont aussi pour effet d'en exalter le pouvoir rotatoire. Il montre ainsi que le camphre cyané, dont le pouvoir rotatoire dans le benzène est nul, montre, dans d'autres dissolvants, une rotation de plus en plus forte, allant de $\alpha_D = +12°$ environ dans l'alcool éthylique jusqu'à

[1] Gouy, *Ann. de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XXIX, p. 145.
[2] Gouy, *Journal de Physique*, 1886; *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVI, p. 262-289, et t. XXIV, p. 145-213.

$\alpha_D = +162°$ quand on emploie comme dissolvant de la soude caustique. Pour l'acide camphocarbonique, on observe un phénomène analogue, sans obtenir toutefois des écarts aussi considérables. Tandis que, dans le benzène, l'acide camphocarbonique montre le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +29°9$, dans la potasse caustique ce pouvoir ne monte qu'à $+87°$. Les différences sont plus accentuées avec le camphocarbonate de méthyle, dont le pouvoir rotatoire $\alpha_D = +21°$ dans le benzène, alors que dans la soude il devient $\alpha_D = +117°$. — **M. Armand Gautier** signale le principe d'une nouvelle méthode pour la détermination de très faibles quantités d'arsenic, fondée sur l'entraînement bien connu de l'arsenic par les oxydes ferriques condensés. Il résulte de ses expériences que cet entraînement est absolu et ne laisse pas dans la liqueur 1 *milliardième* d'arsenic. Si, dans de l'eau distillée ou fortement salée (*sel pur*), on ajoute 10 à 15 millièmes de milligramme d'arsenic par litre et quelques centimètres cubes d'une solution étendue de sulfate ferrique pur, le précipité formé à l'ébullition en présence d'une trace d'ammoniaque entraîne si bien l'arsenic qu'on ne peut en retrouver même 1 millième de milligramme dans la totalité de la liqueur filtrée. En opérant par cette méthode avec de l'eau de mer, il a trouvé 0mgr,009 d'arsenic dans celle de la Manche (surface) et 0mgr,080 dans celle prise aux environs des Açores par 5.943 mètres de profondeur. Le sel marin usuel, surtout le sel gris, est la substance principale par laquelle l'arsenic s'introduit dans l'économie. — **M. P. Freundler** a constaté que l'*alcool benzène-azo-benzylique*, obtenu en condensant le nitrobenzène avec l'alcool o-aminobenzylique, se déshydrate facilement sous l'influence de la chaleur ou de l'acide sulfurique. On obtient dans ces conditions : 1° du *phénylindazol* (I) ; 2° un composé isomérique, jaune, qui ne peut être que de l'*azodiphénylméthane* (II).



L'auteur a reconnu que la réduction d'un mélange de nitrobenzène et d'alcool o-nitrobenzylique fournit également un peu d'alcool benzène-azo-benzylique ; des essais antérieurs l'avaient amené à une conclusion inverse, parce que le produit brut avait été soumis à la distillation dans le vide et transformé par cela même en phénylindazol. L'auteur se réserve d'établir définitivement la constitution de l'azodiphénylméthane par voie synthétique. — **M. P. Brenans**, en décomposant, au moyen de l'iodure de potassium, le dérivé diazoïque de la *paranitraniline iodée* $C^6H^3 — AzH^2 — AzO^2 — I$ 1.4.2, a obtenu le *nitrobenzène diiodé* $C^6H^3 — AzO^2 — I^2$ 1.3.4, qu'il a identifié au *nitrobenzène diiodé* $C^6H^3 — I^2 — AzO^2$ 1.2.?, dont la constitution était à compléter; prismes, F. 112°5. La nouvelle base provenant de la réduction de ce *nitrodiiodobenzène* est l'*aniline diiodée* $C^6H^3 — AzH^2 — I^2$ 1.3.4, paillettes jaune pâle F. 74°5. Son *dérivé benzoylé* $C^6H^5 — CO — AzH — C^6H^3 — I^2$ est en aiguilles f. à 174° (corr.). Cette diiodaniline a pu être diazotée et la liqueur contenant le diazo a été portée à l'ébullition. M. Brenans a obtenu ainsi un *nouveau phénol diiodé*, l'isomère $C^6H^3 — OH — I^2$ 1.3.4, aiguilles incolores, F. 83°. Son *éther benzoïque* $C^6H^5 — CO^2 — C^6H^3 — I^2$ cristallise en aiguilles, F. 123°. — **M. Nicolardot** communique un procédé de dosage du vanadium dans les alliages. La méthode qui a permis à Sefstrom de découvrir le vanadium dans un fer d'Eckersholm peut être rendue quantitative. Les alliages (aciers, fers) qui sont attaquables par KCl ou par le chlorure double de cuivre et de potassium laissent un résidu noir contenant tout le vanadium; il faut attaquer tout le fer. Les alliages (cuprovanadium...) qui s'attaquent trop lentement par HCl sont traités par AzO^3H. Le cuivre est électrolysé et le vanadium est dosé, soit en évaporant le liquide à sec en présence de HCl, puis en précipitant le vanadium par H^2S, soit en ajoutant de l'ammoniaque et en formant du sulfovanadate d'ammoniaque.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

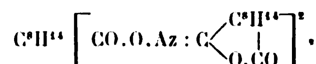
Séance du 24 Avril 1903.

M. W.-B. Croft présente quelques appareils élémentaires pour la réalisation d'expériences de cours. — **M. A.-F. Ravenshear** communique ses recherches sur *l'analyse dimensionnelle des quantités physiques et la corrélation des unités*. En employant différentes lois physiques comme bases, on peut construire différents systèmes de dimensions; mais la somme des indices de L, M et T est toujours la même pour une même quantité physique dans les différents systèmes. C'est la loi des indices. La mesure de la force en se basant sur la loi de la gravitation a pour effet de rationaliser les indices dans les dimensions des quantités électriques et magnétiques. Ce mémoire est l'objet d'une vive discussion entre les membres de la Société.

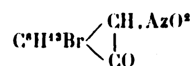
SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 7 Mai 1903.

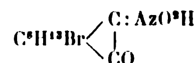
M. S. Ruhemann a trouvé que la pipéridine, additionnée à un mélange de benzoylacétate d'éthyle et d'aldéhyde benzoïque, provoque la formation d'un éther oléfine-β-cétonique, le benzylidènebenzoylacétate d'éthyle, $C^6H^5.CO.C(CO^2C^2H^5):CH.C^6H^5$. La diéthylamine, dans les mêmes conditions, donne l'éther dicétonique, le benzylidènebisbenzoylacétate d'éthyle $C^6H^5.CH(CH.COC^6H^5.CO^2C^2H^5)_2$. — **M. T. M. Lowry** a observé que du nitrocamphre pur, conservé depuis 1898, s'est partiellement transformé en une substance, F. 256°, qui résulte de la condensation de trois molécules de nitrocamphre avec élimination d'un atome d'azote. C'est la sesquicamphorylhydroxylamine :



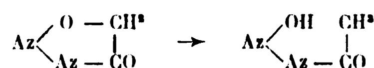
Le même auteur a préparé le β-bromo-α'-nitrocamphre :



en réduisant le dérivé α-β-bibromé par KOH; la pseudoforme :



se sépare à l'état pur en évaporant une solution du premier dans le benzène. La β-bromocamphoryloxime s'obtient par l'action de HCl sur le dérivé nitré; la pseudo-oxime, isomère de la précédente, se prépare synthétiquement par l'action de l'hydroxylamine sur l'anhydride π-bromocamphorique. Les transformations isomériques de ces composés sont très affectées par les impuretés. — **MM. F. H. Lees** et **F. Shedden**, en réduisant électrolytiquement, en solution sulfurique, la phénomorpholone et ses homologues, ont observé une rupture du noyau d'après le schéma :



Avec la phénomorpholone, les produits finaux sont l'acétyl-o-aminophénol, l'éthyl-o-aminophénol et l'isoacétyl-o-aminophénol. Avec l'Az-méthyl-β-naphtomorpholone, on obtient l'Az-méthyléthyl-α-amino-β-naphtol et l'Az-méthyl-β-naphtomorpholine. — **M. E. G. Hill** a étudié les constituants colorés des fleurs de *Butea*

frondosa, couramment employées aux Indes pour la préparation d'une matière colorante jaune fugitive. L'extrait aqueux contient un glucoside, la fisétine, et des tanins hydrolysables avec précipitation de phlobaphène. — MM. **J. J. Hummel** et **A. G. Perkin** ont trouvé dans les fleurs de *Butea frondosa* une matière colorante jaune, la *butéine*, $C^{15}H^{12}O^{5}$, existant probablement sous deux modifications. Ses propriétés tinctoriales ressemblent à celle du benzylidèneanhydroglycogallol. — M. **H. M. Dawson** communique ses recherches sur les affinités relatives des acides polybasiques. — M. **A. Slator** a constaté qu'en présence d'un grand excès de benzène, les réactions de cet hydrocarbure avec le chlore sont pratiquement limitées par les deux équations: $C^6H^6 + Cl^2 = C^6H^5Cl + HCl$ et $C^6H^6 + 3\,Cl^2 = C^6H^6Cl^6$, la quantité relative des deux produits principaux dépendant des conditions d'expérience. La vitesse de réaction sans agent catalytique est trop faible pour être mesurée. Sous l'influence du chlorure d'iode, la vitesse de disparition du chlore libre est proportionnelle à la concentration en chlore et au carré de la concentration en chlorure d'iode. Dans le tétrachlorure de carbone, la vitesse est proportionnelle à la concentration de l'hydrocarbure; 70 °/₀ du Cl est substitué, le reste additionné. Sous l'influence de la lumière sans agents catalytiques, la réaction d'addition a seule lieu. — M. **J. C. Cain**, en chauffant des solutions aqueuses de sels de diazonium de la dianisidine et de la dichlorobenzidine, a obtenu, au lieu des dérivés dihydroxy, des corps sombres, insolubles et infusibles, qui paraissent être de nature quinonique.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 30 *Mars* 1903.

MM. **F. W. Richardson, W. Mann** et **N. Hanson** décrivent une méthode tintométrique pour la détermination du chrome dans les tissus teints. Le tissu est incinéré dans un creuset de platine et les cendres fondues avec un mélange de chlorate et de carbonate de potassium. On dissout dans l'eau bouillante, on filtre et le filtrat est examiné dans un tintomètre ou comparé avec des solutions étalons de chromate de potasse. Le chromate peut aussi être dosé iodométriquement en le traitant par un acide et du iodure de potassium : $2K^2CrO^4 + 8H^2SO^4 + 6KI = 5K^2SO^4 + Cr^2(SO^4)^3 + 8H^2O + 3I^2$; l'iode est titré par le thiosulfate. — MM. **F. W. Richardson** et **P. Hollings** déterminent les nitrates dans l'eau par la méthode à l'acide phénoldisulfonique. Lorsqu'il y a des nitrites à côté des nitrates, ceux-ci sont oxydés en nitrates, dans un échantillon, au moyen de H^2O^2 et on dose le nitrate total; dans un autre échantillon, on dose séparément les nitrites par une méthode tintométrique reposant sur l'addition d'acide sulfanilique et d'α-naphtylamine qui donne une belle teinte rouge.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 24 *Avril* 1903.

M. **A. Wehnelt** décrit un oscillographe de construction fort simple. On sait que deux types d'instruments sont employés pour étudier l'allure temporaire des phénomènes périodiques présentés par les circuits électriques, à savoir les tubes de Braun et les oscillographes. Or, tout en se prêtant d'une manière fort avantageuse aux mesures d'intensités ou de tensions, en raison de l'absence de toute inertie, les tubes de Braun ne sont guère appropriés pour présenter l'allure des courbes caractéristiques à un auditoire quelque peu grand. Les oscillographes, d'autre part, étaient jusqu'à ce jour d'un prix bien élevé et d'un maniement assez difficile. Le type d'oscillographe simplifié construit par l'auteur s'est montré d'un emploi excellent dans tous les cas où il s'agissait de phénomènes périodiques relativement lents. Le principe de cet appareil est celui employé par M. W. Duddel. Une boucle de fil d'argent dur se trouve placée entre les pôles d'un électro-aimant; les deux côtés de cette boucle, fortement tendus, sont parallèles; leur écart est de 2 à 3 millimètres: un petit miroir de verre mince est introduit dans leur intervalle. En lançant un courant à travers cette boucle de fil, l'aimant étant excité, on observe, comme dans le cas du galvanomètre Depretz, une rotation du système mobile sensiblement proportionnelle à l'intensité du courant. Les courants à allure périodique produiront également des déviations proportionnelles, en chaque moment, aux valeurs momentanées de l'intensité du courant, pourvu que : d'une part, la durée des oscillations du système mobile soit fort brève en comparaison de la période du courant électrique, et, d'autre part, l'amortissement du système soit considérable. L'auteur emploie concurremment deux oscillographes identiques attachés à un support où ils peuvent tourner dans toutes les directions; chacun de ces appareils comprend un électro-aimant à pièces polaires aiguisées et peu distantes, dans l'intervalle desquelles est disposée la boucle de fil avec son miroir, attachée à une barre de caoutchouc et pourvue d'un dispositif pour tendre les fils. L'emploi simultané de deux appareils offre l'avantage de permettre la production de deux courbes, ce qui, dans bien des cas, est fort important. Pour montrer les courbes de courant, on fait passer la lumière provenant d'une lampe à arc à travers une lentille qui la rend convergente et la projette sur les petits miroirs des oscillographes, d'où elle est réfléchie sur un miroir tournant et, de là, sur un écran, disposé de manière que les images des deux miroirs coïncident. En faisant tourner le miroir, on obtient sur cet écran les courbes, dont on peut modifier l'amplitude en réglant la tension de la boucle de fil ou la distance de l'écran au miroir tournant.

Alfred Gradenwitz.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances d'Avril 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Bianchi** reprend la tractation du problème suivant : Trouver tous les couples de surfaces SS' (non homothétiques) représentables point par point l'une sur l'autre, de manière que leurs lignes asymptotiques actuelles se correspondent, et, en outre, que, à un système quelconque d'asymptotiques virtuelles de l'une, corresponde un système de la même espèce sur l'autre. M. Bianchi fait l'application de cette question aux quadriques générales, et il expose quelques théorèmes qui, bien qu'ils dérivent facilement de propriétés connues, n'avaient pas encore été signalés. Dans une autre communication, M. Bianchi s'occupe de la notion de groupe complémentaire et de groupe dérivé dans la théorie des groupes continus finis de transformations. — M. **Capelli** poursuit son étude sur les relations qui existent entre les fonctions d'une variable et sur le théorème d'addition; il arrive à une importante simplification de la formule générale d'addition des fonctions à caractéristiques entières. Cette formule, qui, jusqu'ici, présentait l'inconvénient d'être de forme quadrinomique, est réduite par M. Capelli, tout en conservant la généralité complète des caractéristiques, à une forme binomique. — M. **Dall'Acqua** étudie le mouvement d'un point libre, lorsque les équations différentielles du mouvement peuvent se séparer en deux groupes, dont l'un est intégrable indépendamment de l'autre. — M. **Viterbi**, après avoir signalé l'importance que présente l'ellipsoïde de révolution comme figure d'équilibre d'une masse fluide en rotation uniforme dont les particules s'attirent suivant la loi de Newton,

et qui représente la forme possible d'un corps planétaire à l'état de nébuleuse, en étudie l'équilibre quand la planète, ayant perdu son caractère de masse fluide, doit être regardée comme un solide en rotation, en équilibre élastique, lorsque les forces de masse auxquelles il est assujetti sont la force centrifuge et l'attraction. — M. **Millosevich** présente ses observations de l'étoile nouvelle (variable?) des Gemini, et donne les dernières positions de la comète 1902 α. — M. **de Franchis** fait une application de ses recherches sur la variété ∞^2 des couples de points de deux courbes ou d'une courbe algébrique, à la théorie des correspondances algébriques entre deux courbes.

2° Sciences physiques. — M. **Guglielmo** donne quelques détails sur la fabrication d'une balance totalement immergée dans l'eau, pour déterminer avec une grande précision la densité de petites quantités d'un solide, même à l'état de poudre. — M. **Chistoni**, à l'aide de deux actinomètres Violle, a exécuté en 1899 des mesures pyrhéliométriques à Sertola et à Monte Cimone, et il transmet à l'Académie les tables où sont résumées ces recherches et observations. — MM. **Ciamician** et **Silber** ont fait plusieurs expériences, dont ils présentent les résultats, relatives à l'action de la lumière sur l'aldéhyde benzoïque, sur la benzophénone et sur quelques composés acétoniques en présence d'alcools et d'autres solvants.

3° Sciences naturelles. — M. **Rimatori** décrit la composition d'un échantillon de galène contenant du bismuth, provenant d'une mine de Roxas (Sulcis), et de quelques blendes de localités différentes de la Sardaigne. — M. **Peglion** a remarqué, dans les semences de luzerne et de trèfle, une grande quantité de graines brunes, qui très rarement arrivent à germer, parce qu'elles se recouvrent d'une épaisse végétation cryptogamique qui les fait pourrir. M. Peglion décrit les phases par lesquelles passe l'infection, due à l'*Alternaria tenuis*, lorsque des conditions extérieures spéciales diminuent la résistance des plantes, et probablement développent dans le parasite des propriétés fortement pathogéniques, tandis que, d'ordinaire, la forme de l'*Alternaria* est simplement saprophytique. A la suite de ses observations, M. Peglion conseille de faire une sélection soignée des graines qui doivent servir au semage et qui, si l'opération est bien conduite, subissent une diminution de 25-30 %, ce qui en explique les prix élevés. — Dans plusieurs régions italiennes (Ascoli, Florence, Fermo, Salerne, Todi), on a signalé une maladie des citrons et des oranges formée par des taches de rouille qui finissent par envahir toute la surface des fruits, et en provoquent la pourriture; dans les périodes de sécheresse, les fruits ne pourrissent pas; ils se momifient en acquérant un parfum caractéristique et très agréable. M. **Brizi** a reconnu que la maladie est produite par un petit champignon du genre *Botrytis*, et il croit que l'infection commence dans la fleur ou dans le péricarpe, lorsque ce dernier présente quelque solution de continuité. Cette supposition est confirmée par des expériences d'infection artificielle que M. Brizi a réussi à exécuter; il a même cherché, mais sans réussir, à faire développer la maladie sans recourir au parasite, à l'aide des substances chimiques élaborées par le champignon. L'application de matières anticryptogamiques paraît d'une réussite douteuse; plus efficace doit se montrer la destruction des fruits momifiés, qui, après l'hibernation dans le terrain, sont le principal moyen de diffusion et de développement du parasite. — Après avoir résumé les observations de ceux qui se sont occupés de la reproduction des amibes, Mme **Mengarini** donne la description des phénomènes observés par elle-même, et reproduits par des dessins, pendant la conjugaison des amibes; Mme Mengarini ajoute des détails sur la formation des kystes, où les spores se trouvent disposées à la périphérie. Dans un cas, ces spores, ensemencées dans une goutte, donnèrent naissance à des amibes.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 2 Avril 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Landau** donne une démonstration élémentaire du théorème d'après lequel le nombre des nombres premiers contenus dans une progression arithmétique donnée $kx+l$ jusqu'à une limite donnée s est proportionnel au logarithme intégral de s. — Le même auteur démontre, au moyen de l'intégration complexe, que la somme $\Sigma\mu k$, étendue jusqu'à une certaine limite x, est d'ordre moindre que $\frac{x}{(\log x)^m}$, où m est un nombre positif entier quelconque.

2° Sciences physiques. — M. **J.-M. Eder** : Le spectre de flamme et d'étincelles du magnésium. — Le même auteur présente ses recherches photométriques sur la luminosité chimique du magnésium, de l'aluminium et du phosphore en combustion. — M. **A. Schell** décrit un stéréoscope universel, dont peuvent se servir, grâce à des dispositions particulières, des personnes dont l'écartement des yeux et la distance visuelle sont quelconques. — M. **J. Hann** a étudié les mouvements de l'air au sommet du Sentis et leur période annuelle. La composante Nord de la direction du vent a sa plus haute valeur en janvier et février, et sa plus basse en juillet et août. La composante Est a un maximum en décembre et un minimum de juin à septembre. La résultante principale des diverses composantes est O 29° S; elle varie peu pendant l'année. — MM. **V. Conrad** et **F.-M. Exner** ont déterminé le potentiel électrique de l'air au sommet du Sonnblick (3.100 m.) de juin à août. Ils ont reconnu qu'à cette hauteur les périodes diurnes simple et double sont encore sensibles. — M. **V. von Cordier** a vérifié l'existence de deux picrates de guanidine isomères, l'un cristallisant en plaques et s'obtenant par de nombreuses méthodes, l'autre cristallisant en aiguilles et résultant du dédoublement du méthylbiguanide. Pour lui, il s'agit là d'une isomérie *cis-trans*, représentable par les formules suivantes :



— M. **F. Schubert** a préparé un nouveau glycol par la condensation du cuminol avec l'aldéhyde isobutyrique. Lorsqu'on le traite par l'acide sulfurique dilué, il se sépare de l'aldéhyde formique et il se forme : d'une part un hydrocarbure non saturé, d'autre part un formal par union de la formaldéhyle avec le glycol. — M. **A. Kirpal** a observé que l'apophyllénate d'argent, traité par l'iodure de méthyle, fournit un éther identique à l'éther γ-méthylique de la méthylbétaïne de l'acide cinchoméronique; l'acide apophyllénique serait donc la méthylbétaïne d'un acide nicotinique γ-carboxylé. — M. **L. Schneider** : Recherches de chimie analytique sur les sels de la mer.

3° Sciences naturelles. — M. **R. Sturany** a déterminé les Gastropodes recueillis dans la mer Rouge par l'Expédition du *Pola*. Quelques espèces profondes présentent des analogies avec des espèces des faunes tertiaires. — M. **F. von Kerner** a cherché à déterminer la diminution de la température des sources avec la hauteur dans les bassins du Danube moyen et de l'Inn. Il représente ses résultats par des formules de la forme $t=a+bh+ch^2$. — M. **J. Valentin** a étudié les seiches du lac de Garde à Riva. Leur durée moyenne est de 43 minutes; leur amplitude peut atteindre 60 à 70 millimètres, mais elle est généralement de 20 à 30 millimètres. Ces valeurs s'accordent avec la formule de Merian.

Louis Brunet.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Hommage à un savant français. — Notre éminent collaborateur M. Emile Picard, membre de l'Institut, vient d'être élu Associé étranger de l'Académie nationale des Sciences des Etats-Unis; en même temps, la Société des Sciences de Finlande lui conférait le titre de Membre honoraire. Ces deux nominations constituent un éclatant témoignage de la très haute estime en laquelle on tient à l'Etranger l'œuvre mathématique de notre illustre compatriote.

Médailles Hofmann. — Le chimiste allemand Auguste-Guillaume de Hofmann, mort en 1892, fonda en 1888, à l'occasion du 70e anniversaire de sa naissance, un prix, sous forme de médaille d'or, destiné à être conféré à des chimistes étrangers. Deux médailles viennent d'être décernées, cette année, pour la première fois. Elles ont été attribuées à deux illustrations de la Chimie : M. Henri Moissan, de Paris, et Sir William Ramsay, de Londres.

§ 2. — Astronomie

La parallaxe du Soleil déduite d'observations spectroscopiques. — *A priori* il semble extraordinaire que l'on puisse songer à déduire de l'analyse spectrale notre distance au Soleil; rien cependant n'est plus vrai, et ce n'est sans doute pas la dernière surprise que réserve aux astronomes cette admirable méthode. Pour déterminer la vitesse linéaire de la Terre dans son orbite, il faut d'abord connaître sa distance du Soleil. Inversement, si nous mesurons la vitesse de la Terre, nous pourrons calculer la distance du Soleil (et par suite sa parallaxe, qui est la donnée fondamentale de toute l'Astronomie) par l'équation :

Distance moyenne du Soleil = Vitesse moyenne de la Terre × constante.

Cette constante est connue avec une extrême précision. Donc, si l'on observe au spectroscope une étoile voisine du zodiaque, à deux saisons de l'année, quand sa longitude diffère de 90° de celle du Soleil, on pourra en déduire non seulement la vitesse de l'étoile dans le sens radial, mais aussi la vitesse moyenne de la Terre dans son orbite. — Il était naturel que ces idées vinssent aux spectroscopistes, depuis la découverte du principe de Doppler-Fizeau; mais elles n'avaient jusqu'à présent jamais été réalisées, à cause de l'insuffisance de précision des moyens d'observation. — Sir David Gill, directeur de l'Observatoire du Cap de Bonne-Espérance, a proposé récemment que « dans chaque observatoire on choisit une étoile déterminée, qu'on y observerait continuellement pendant toute l'année, de façon à déterminer la vitesse moyenne de la Terre d'une façon indépendante, par des moyens spectroscopiques, — en d'autres termes pour déterminer la parallaxe du Soleil par l'analyse spectrale ». — Il est à souhaiter que cette proposition de Sir D. Gill soit acceptée, car il est probable qu'elle donnerait des résultats précieux. Deux observations faites, à six mois de distance, sur une étoile convenablement choisie doivent donner des vitesses radiales qui diffèrent d'au moins 59 kilomètres par seconde, par suite du mouvement de la Terre. Or, dans plusieurs observatoires on possède des spectroscopes stellaires qui ont atteint ou même dépassé une précision correspondant à une erreur probable de $0^{km},5$ pour une détermination isolée de vitesse radiale. Cela montre que, pour réduire l'erreur probable de la parallaxe solaire ainsi déterminée à $0'',01$, environ deux cents observations seraient nécessaires.

Mouvement de deux corps à masses variables. — Le problème du mouvement de deux corps dont les masses sont sujettes à varier a été traité en 1884 par Gylden, qui fut amené à s'occuper de cette question par les remarques d'Oppolzer sur le rôle des poussières cosmiques. La solution fut entièrement menée à bien, en 1893, dans un cas particulier, par J. Mestchersky; récemment critiqué à tort par Lovett (*Artr. Nachr.*, 1902), J. Mestchersky vient de relever les fautes de son contradicteur et de généraliser la solution qu'il avait trouvée.

Au point de vue d'Oppolzer, la variation d'une masse planétaire peut être attribuée aux poussières cosmiques qu'elle rencontre sur sa route et qu'elle entraîne, avec diminution de la vitesse tangentielle due aux chocs des météores. D'une manière générale, on admet que la quantité de matière entraînée est proportionnelle

à la section du globe considéré, et à la circonférence de son orbite ; pour donner une idée de la grandeur résultante du phénomène, si une pluie de météores tombait sur la Terre, de façon à former dans le cours d'un siècle une couche uniforme de 1 millimètre d'épaisseur et de même densité que notre globe, l'accélération du moyen mouvement de la Terre pourrait atteindre 0″12.

Pareilles considérations ont été appliquées au mouvement de la Lune par Seeliger, Braun, etc... Mais il ne faut pas oublier qu'une pareille chute de 1 millimètre, insignifiante au premier abord, représente 13.10^6 mètres cubes, ou 70 milliards de kilogs par jour ; or l'apport météorique des étoiles filantes est estimé journellement à 10^6 kilogs. Si, avec J. Kleiber et See, on admet que les météores télescopiques sont cent fois plus nombreux que les météores visibles, on se rapproche des conditions physiques qui rendraient acceptable l'hypothèse d'Olbers, et la quantité de poussière que peut recevoir la terre dans sa course sera comprise entre 54.10^3 kilogs et 54.10^7 kilogs par jour. Mais, si la matière est déposée en si grande quantité à la surface de notre globe, on peut se demander, naturellement, ce qu'elle y devient ? Car, au sommet de montagnes isolées, on a bien pu rencontrer des traces de fer, de cobalt, de phosphore, de magnésie... Sans doute, ces échantillons peuvent provenir des étoiles filantes, mais cela ne suffit pas à démontrer la réalité de dépôts aussi importants, et la quantité de matière exigée par l'hypothèse d'Olbers, *seule*, ne paraît pas devoir être atteinte.

Une nouvelle lunette. — M. Schupmann a imaginé une nouvelle lunette qu'il appelle lunette *médiale* : objectif d'une lentille de crown corrigée, à peu de distance de l'oculaire, par des verres concaves et un miroir d'un diamètre beaucoup plus petit. Reinfelder a construit une telle lunette, coudée, que Graff a essayée à l'Observatoire Urania : avec un prisme à réflexion totale, d'inclinaison variable, on peut modifier la dispersion et transformer cet instrument en spectroscope. En fait, le système optique redresse l'image et possède deux foyers, l'un, corrigé, près de l'oculaire, et l'autre, non corrigé, près du prisme.

L'achromatisme et la définition des images sont, paraît-il, assez bonnes ; le champ est très petit et la perte de lumière considérable, en sorte que cet instrument peut encore se recommander pour l'observation de la Lune et des planètes.

§ 3. — Physique

Dispositif téléoptique. — On a fait de nombreuses tentatives en vue de transmettre, par voie télégraphique, l'écriture et le dessin, et des solutions plus ou moins heureuses de ce problème ont été préconisées dans ces dernières années. Comme la transmission des tableaux avec leurs couleurs propres offre des difficultés toutes spéciales, M. St. Schneider, dans un Mémoire que publie l'*Elektrotechnischer Anzeiger* [1], propose de faire abstraction de la couleur et de n'utiliser, comme en photographie, que les contrastes entre les lumières et les ombres.

La téléphonie sans fil et le phonographe de M. Ruhmer ont fait voir que les piles à sélénium (dispositifs dont l'organe essentiel est une résistance de sélénium sensible à la lumière) donnent le moyen de percevoir et de transmettre à un téléphone, en les transformant en oscillations de courant, des variations d'intensité lumineuse très faibles et qui se succèdent avec une extrême vitesse. En promenant simultanément sur les deux côtés d'une plaque photographique (fig. 1) un rayon lumineux et une pile à sélénium, la densité variable en chaque point de la plaque se traduira par des oscillations continues du courant dans le circuit de la pile. Quand on promène le rayon et la pile suivant des directions parallèles à *a b*, on explore, en quelque sorte, le tableau tout entier, chaque point de ce dernier correspondant à une certaine résistance de la pile à sélénium. M. Simon a fait voir qu'on peut produire, au moyen d'oscillations de courant, des oscil-

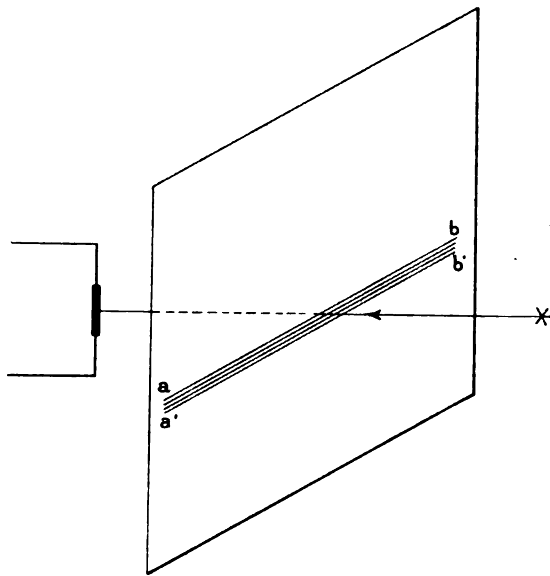


Fig. 1. — *Exploration d'une plaque photographique par un rayon lumineux et une pile à sélénium.*

lations de l'intensité lumineuse d'un arc voltaïque, et ce sont ces oscillations (provenant des variations de résistance de la pile à sélénium, dues, à leur tour, aux variations locales de la densité du photogramme) que l'auteur utilise dans la production de l'image. Dans

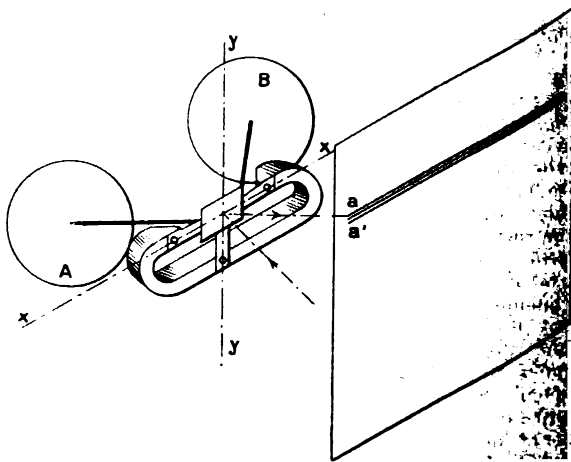


Fig. 2. — *Dispositif pour produire la décomposition des tableaux.* — A, B, membranes vibrantes, agissant sur un miroir qui réfléchit des rayons lumineux en *a b*, *a' b'*.

l'appareil de M. Schneider, un faisceau lumineux, issu d'une lampe à arc placée à la station réceptrice et affectée par le circuit de la pile à sélénium, reçoit un mouvement synchrone avec le rayon transmetteur ; la trace lumineuse que ce faisceau dessinera sur une glace dépolie présentera exactement toutes les nuances de l'orignal. On n'a donc qu'à décomposer ce dernier en bandes linéaires et à le recomposer dans l'appareil

[1] *Elktr. Anz.*, t. XX, n° 11, 1903.

récepteur. Il va sans dire que, pour que l'œil ait une impression d'ensemble, la décomposition et la reproduction doivent se faire avec une extrême vitesse. Cette vitesse, de même que le synchronisme indispensable, est obtenue grâce à un artifice analogue à celui qu'on retrouve dans les appareils de MM. Pollák-Virág et de M. Gruhn.

A l'aide d'impulsions de courant, l'on peut imprimer à une membrane téléphonique des vibrations d'une haute fréquence. Un petit miroir à suspension magnétique exécute, sous l'influence de la membrane A (fig. 2), des vibrations autour de l'axe des y, alors que la membrane B le fait tourner, autour de l'axe des x, d'un angle suffisant pour que, une vibration terminée, la seconde trace lumineuse vienne se placer exactement en dessous de la première. C'est ainsi qu'on produit une surface et une image parfaites.

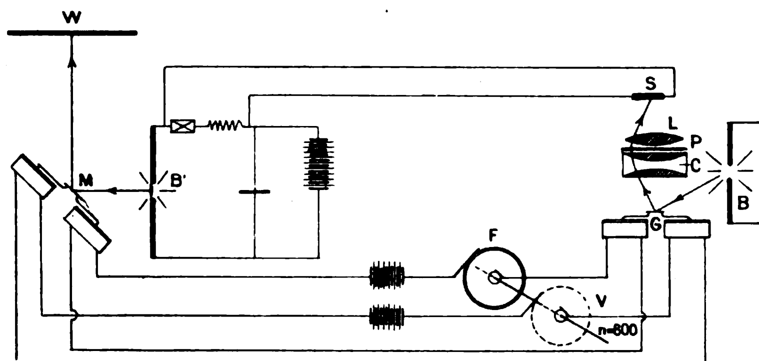


Fig. 3. — *Stations transmettrice et réceptrice pour la transmission d'images à distance.* — B, lampe à arc ; G, miroir ; C, système de condensateurs ; P, plaque photographique ; L, lentille convergente ; S, pile à sélénium ; B', lampe à arc ; M, miroir ; W, glace dépolie ; F, interrupteur ; V, modificateur de résistance.

Voici comment le transmetteur est disposé (fig. 3) : La lampe à arc B projette, sur le petit miroir G, un rayon, réfléchi par ce dernier et qui, à travers le système de condensateurs C et la plaque P, va tomber sur la pile à sélénium après avoir traversé la lentille convergente L.

A la station réceptrice, la pile à sélénium affecte la lampe à arc B', disposée suivant les indications de M. Ruhmer et dont la lumière va tomber sur le petit miroir M du récepteur, qui la réfléchit sur une glace dépolie W. En vue d'effectuer les oscillations horizontales des miroirs, ainsi que leur rotation graduelle autour de l'axe des x, M. Schneider insère dans le circuit de l'une des membranes un interrupteur F, dans l'autre un modificateur de résistance V. Ces deux appareils, montés sur un axe commun, sont mis en rotation par un petit électro-aimant. L'interrupteur engendre autant d'impulsions de courant par tour que le nombre de bandes horizontales en lesquelles on veut décomposer le tableau à télégraphier, tandis que le modificateur de résistance produit en même temps autant de graduations. Après chaque tour, la résistance étant égale à zéro, le rayon lumineux retourne instantanément à sa position initiale. Il est facile de faire produire à l'interrupteur le nombre voulu d'impulsions par seconde, nombre égal au produit du nombre de bandes par le nombre de reproductions du tableau entier par seconde. L'autre appareil doit, on le comprend, produire en même temps autant de modifications de la résistance, de zéro à la valeur maxima, que le comporte le nombre de reproductions par seconde.

Ce dispositif permet de transmettre les épreuves photographiques, par voie télégraphique, à des distances quelconques et de les y rendre visibles à l'œil d'une façon passagère, ou bien de les y fixer par la photographie.

§ 4. — Electrochimie

Four électrique pour l'électrométallurgie. — Les appareils d'électrométallurgie les plus répandus sont des fours dérivés du four Siemens, utilisant l'arc voltaïque entre électrodes de charbon et métal, ce dernier étant contenu dans un creuset en graphite, et la longueur de l'arc donnant lieu à un réglage d'ailleurs délicat. La haute température de l'arc favorise la production de températures très élevées, et qui offrent l'inconvénient de surchauffer l'acier en certains points. L'emploi d'électrodes ne va pas non plus sans inconvénient, et il semble qu'il devait être facile de l'éviter, en substituant au principe de l'arc voltaïque le principe de l'induction dans la construction des fours pour fusion des métaux.

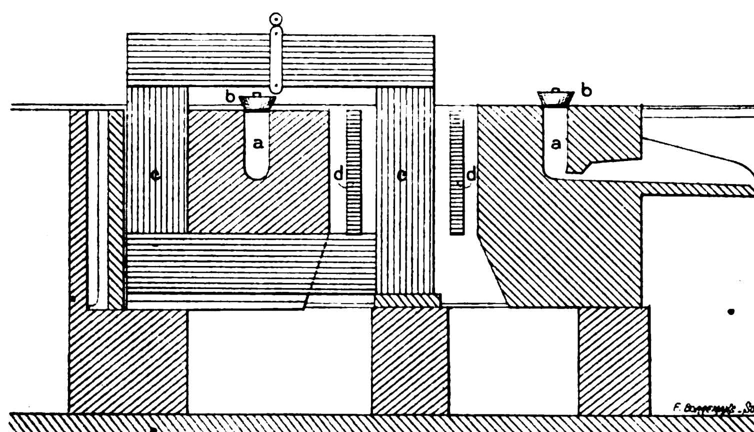


Fig. 4. — *Coupe du four d'induction Kjellin suivant un plan axial du noyau du transformateur.* — *a*, anneau de fusion ; *b*, obturateur annulaire ; *c*, noyau magnétique du transformateur ; *d*, enroulement primaire du transformateur.

Nous apprenons qu'on emploie en Suède un four, dû à M. Kjellin, et basé sur ce principe. L'induction est employée comme dans les transformateurs, d'un usage si courant dans l'industrie : c'est l'inductance mutuelle des circuits électriques enroulés sur un même noyau magnétique ; tout courant dans un circuit possède la propriété d'induire dans un circuit voisin un courant secondaire qui, sous une intensité suffisante, pourra échauffer ce dernier jusqu'à la fusion. Ce dernier circuit est, dans le four Kjellin (fig. 4), constitué par un anneau de fonte *a*; il est porté à la température de fusion par le courant induit obtenu par un circuit primaire *d*, composé d'enroulements d'un grand nombre de tours de faible section, ou d'un petit nombre de tours plus gros, mais de préférence d'un grand nombre de tours, destinés à recevoir sous haute tension le courant d'un alternateur ordinaire. Il n'y a rien là qui diffère essentiellement du transformateur; seule la construction s'en écarte, et le rendement est loin d'être aussi parfait, bien entendu, en raison des distances qu'il faut

réserver entre les enroulements, pour éviter d'endommager le primaire par la chaleur dégagée du secondaire.

Voici les résultats obtenus par l'emploi de ce four, à l'usine de Gysinge en Suède :

Le four contient 1.800 kilogrammes de métal, dont 700 environ laissés à chaque coulée pour servir de conducteur au courant, et environ 1.100 ajoutés à chaque remplissage. Le temps nécessaire à chaque charge est d'environ deux heures, et l'on peut employer soit la fonte préalablement fondue, venant du haut-fourneau, soit les riblons; mais la préférence est naturellement donnée à la fonte préalablement fondue, qui contient déjà 265 calories par kilogramme.

La consommation du four électrique est de 165 kilowatts, et la production est de 4.100 kilogrammes d'acier en lingot, en vingt-quatre heures, quand les matériaux ne sont pas préalablement chauffés. Le rendement pratique du four de Gysinge serait donc, dans ce cas, de 1,03 kilogrammes par kilowatt-heure.

Enfin, les frais de fabrication de la tonne d'acier en lingot seraient les suivants :

Réparation du four et mise en marche.	12 fr. 60
Main-d'œuvre	10 fr. 50
Lingotière	1 fr. 40
Matériaux divers	0 fr. 35
Total	22 fr. 05

Le prix pourrait être réduit notablement s'il existait plusieurs fours, car il est facile au même personnel d'en prendre soin; mais ces prix ne comprennent pas la force motrice, la fonte et les riblons, dont on peut donner, par tonne, l'évaluation approximative suivante :

Kilowatt-heures par tonne : 970.

Prix de revient : 0 fr. 01 $\times$ 9 fr. 70 $=$ 9 fr. 70 (par usine hydroélectrique [1]).

Le prix de la fonte et des riblons, par tonne, varie dans de larges mesures; mais, en l'estimant à 60 francs la tonne, on voit que le prix de revient de l'acier obtenu ne dépasse pas notablement 100 francs la tonne, ce qui n'a rien d'excessif pour les aciers d'excellente qualité qu'on peut obtenir à l'aide de ce four, et qui peuvent rivaliser avec les meilleurs aciers au creuset.

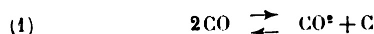
§ 5. — Chimie physique

Les réactions du haut-fourneau. — A mesure que se développe la Chimie physique, et que, grâce à une étude systématisée, on pénètre davantage le mécanisme des réactions chimiques, cette branche de la science voit s'étendre ses applications. Jusqu'à présent, le chapitre de l'Electrochimie a paru être le plus intéressant au point de vue pratique, mais d'autres chapitres aussi semblent devoir fournir la solution de certains problèmes industriels.

Nous réservant de revenir plus tard, et d'une manière plus étendue, sur cet intéressant sujet, nous nous contenterons aujourd'hui d'indiquer l'esprit de quelques récents mémoires relatifs aux réactions du haut-fourneau.

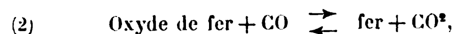
Un haut-fourneau est le siège d'équilibres chimiques complexes, dans lesquels interviennent à la fois le carbone, l'oxyde de carbone, l'anhydride carbonique, le fer et ses différents oxydes. Pour démêler les lois qui régissent la production du fer, le chimiste doit diviser la difficulté en étudiant séparément les différentes réactions possibles entre toutes ces substances. Cette étude doit porter sur la statique de ces réactions, c'est-à-dire sur les équilibres auxquels elles conduisent, et sur leur cinétique, c'est-à-dire sur leur vitesse et les causes qui la modifient.

On peut dire que les principales réactions chimiques à considérer sont :



(1) $2CO \rightleftarrows CO^2 + C$

et



(2) Oxyde de fer $+$ CO $\rightleftarrows$ fer $+ CO^2$,

cette dernière pouvant s'appliquer aux différents oxydes du fer.

Si ces deux réactions aboutissent à un équilibre, celui-ci se produit entre les trois phases solides : métal, oxyde, carbone, et la phase gazeuse, mélange de CO et de CO^2; au total, quatre phases formées par les trois composants indépendants : fer, oxygène, carbone. La règle des phases indique que cet équilibre est univariant, c'est-à-dire que, sous chaque pression, il y a une température à laquelle se produit l'équilibre, et que, inversement, la température définit la pression d'équilibre. La loi d'action de masse, de Guldberg et Waage, fixe, en outre, à chaque température, la composition de la phase gazeuse.

Si, à partir d'un état d'équilibre, on fait varier la température en maintenant la pression constante, il se fait une réaction qui tend à diminuer d'une unité le nombre des phases, c'est-à-dire que l'une des phases solides disparaît. On pourra savoir *à priori* quelle est celle qui fera ainsi place aux autres, si une étude des équilibres (1) et (2) a fourni le sens des déplacements de ces équilibres sous l'influence des variations de température.

L'équilibre (1) ayant été l'objet d'un travail de M. Boudouard[1], MM. Baur et Glaessner ont surtout étudié[2] des équilibres du type (2). En représentant la variation avec la température de la composition de la phase gazeuse, ils ont obtenu des courbes, chacune étant relative à un équilibre entre deux phases solides déterminées. Le point de rencontre de deux de ces courbes définira une température et une composition du mélange gazeux compatibles avec la coexistence de trois phases solides; de sorte que l'observation de l'ensemble des courbes ainsi tracées permet de fixer les conditions particulièrement favorables à la formation ou à la disparition de telle ou telle substance.

Les auteurs ont ainsi trouvé que la température de 490° est la moins favorable à la réduction de l'oxyde Fe^3O^4, car c'est à cette température que le protoxyde réduit l'anhydride carbonique avec la facilité la plus grande, en donnant l'oxyde magnétique. Au contraire, la température de 680° paraît être la plus propice à la réduction du protoxyde FeO à l'état de fer.

On a pu, en outre, préciser les circonstances de formation du dépôt abondant de charbon très divisé que l'on a fréquemment observé dans les hauts-fourneaux, et auquel M. Osann rapportait certaines irrégularités de marche, dans une communication faite en 1902 au Congrès de Sidérurgie tenu à Düsseldorf. Il est établi que cette formation de carbone est impossible au-dessus de 685°, et qu'une élévation suffisante de la température doit, par conséquent, permettre de l'éviter.

Pour ce qui est de la cinétique de ces réactions, nous résumerons ici un travail récemment présenté à la Société chimique allemande[3]. Il s'agit encore de la décomposition de l'oxyde de carbone en carbone et gaz carbonique, et des circonstances qui la favorisent. MM. Schenck et Zimmermann estiment, contrairement à l'opinion de M. Boudouard, que ce n'est pas une

[1] A 50 francs le cheval-an et à fonctionnement continu (c'est-à-dire 360 $\times$ 24 heures par an ou 8.640 chevaux-heures), le prix du cheval-heure ressort à fr. $\frac{50}{8.640}$, et celui du kilowatt-heure à $\frac{50}{8.640} \times \frac{1.000}{736}$, ou moins d'un centime.

[1] *Thèse*, Paris, 1901.

[2] *Zeitsch. für physik. Chemie*, t. XLIII, p. 354; 1903.

[3] R. Schenck et F. Zimmermann : *Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch.*, t. XXXVI, p. 1231; 1903.

simple action de catalyse qui rend cette réaction facile en présence des oxydes métalliques, mais que l'oxyde intervient en cédant de l'oxygène à l'oxyde de carbone. Ils ont constaté, au contraire, que les métaux divisés rendent la décomposition très rapide, et sont arrivés aux résultats suivants relativement au mécanisme de cette dissociation :

Ils ont d'abord déterminé l'ordre de la réaction, c'est-à-dire le nombre de molécules de CO sur lequel porte la décomposition. On sait que, si l'on appelle n cet ordre et C la concentration du gaz en oxyde de carbone, on a :

$$\text{Vitesse de réaction} = -\frac{dC}{dt} = kC^n.$$

On détermine n de manière que cette équation intégrée, où l'on introduit les concentrations fournies par l'expérience, donne pour k une valeur constante[1]. On trouve ainsi que, à 445°, $n = 2$, tandis que, à plus basse température, $n = 1$. Voici comment les auteurs interprètent ce résultat :

La décomposition observée résulte des deux réactions consécutives :

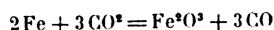


$$(3) \qquad CO = C + O,$$
$$(4) \qquad CO + O = CO^2.$$

A basse température, (4) est très rapide par rapport à (3), et intervient seule dans la valeur de la vitesse. Lorsque la température s'élève, la vitesse de (3) croît plus vite que celle de (4), ces vitesses deviennent comparables, et deux molécules de CO entrent en jeu dans la réaction.

Tel est vraisemblablement le mécanisme de la réaction en présence du nickel; mais, en présence du fer, il se complique, lorsque la pression partielle du CO^2 a acquis une valeur suffisante, d'une oxydation du fer par l'anhydride carbonique. Une fois établie, par dissociation de l'oxyde de carbone, la pression de CO^2 nécessaire à cette oxydation, toute nouvelle décomposition de CO en $C + CO^2$ est suivie d'une réduction de CO^2 à l'état de CO, si bien que, peu à peu, tout le gaz est transformé en carbone.

D'ailleurs, tant qu'il reste du gaz, la loi d'action de masse appliquée à la réaction d'oxydation du fer par le gaz carbonique :



$$2Fe + 3CO^2 = Fe^2O^3 + 3CO$$

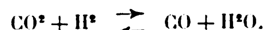
indique que le rapport des concentrations de CO et de CO^2 dans ce gaz est constant, à température fixée.

L'expérience permet de déterminer la valeur de ce rapport $\frac{CO}{CO^2}$ correspondant à l'équilibre ci-dessus, et elle établit que ce rapport ne varie que peu avec la température, ce qui est naturel, d'après la loi de Gibbs, puisque la réaction ci-dessus n'est accompagnée que d'un phénomène thermique très faible.

Bien que, pour ne pas dépasser le cadre de cette chronique, nous ayons dû nous borner à ne donner qu'un aperçu des travaux cités, il nous semble avoir suffisamment montré combien des études, d'apparence théorique parce qu'inspirées par des lois que découvrit le génie mathématique de Gibbs, faites, en outre, dans un laboratoire, avec un matériel de dimensions très restreintes, peuvent apporter un précieux concours aux industriels dans l'exploitation des immenses hauts-fourneaux. Elles fournissent une base véritablement scientifique à la conduite et à la surveillance d'un haut-fourneau, au double point de vue de la répartition des températures et de la composition des gaz, en relation avec la nature des minerais.

[1] Cette méthode a été exposée avec plus de détails dans la *Revue*, 13e année, p. 365, 30 avril 1902.

Équilibres chimiques dans les gazogènes. — C'est un problème très analogue au précédent, et qui s'y rattache au point de vue des applications, qui a sollicité l'attention de M. Oscar Hahn[1]. Il s'agit de l'équilibre :



$$CO^2 + H^2 \rightleftarrows CO + H^2O.$$

La loi d'action de masse appliquée à ce mélange gazeux s'exprime, à chaque température, par l'égalité :

$$\frac{(CO).(H^2O)}{(CO^2).(H^2)} = \text{constante } k,$$

en désignant la concentration de chaque gaz dans le mélange par le symbole chimique de ce gaz entouré d'une parenthèse.

Cette loi a été parfaitement vérifiée par Dixon; mais les recherches faites par Boudouard, dans le but de vérifier la loi de Gibbs, sur la variation de k avec la température, n'ont fourni que des vérifications très mauvaises, ce que l'auteur attribue à des imperfections du dispositif expérimental.

M. Hahn a repris cette étude en apportant les perfectionnements suivants : au lieu de laisser l'équilibre s'établir dans un vase clos, on opère dans un courant gazeux dont la vitesse soit assez faible pour que l'équilibre chimique ait le temps de s'établir à coup sûr dans le tube chauffé où se fait la réaction, mais assez grande pour que l'on évite le déplacement de l'équilibre que pourrait provoquer un lent retour des gaz à la température ordinaire. L'échelle des températures expérimentées est élargie, les expériences commençant au-dessous de 800°, grâce à l'emploi de platine comme catalyseur, et pouvant se poursuivre jusqu'à 1.200° dans des tubes en silice fondue.

L'expérience détermine ainsi, à des températures variées, la valeur de la constante k de Guldberg et Waage.

D'autre part, l'équation de Gibbs-Van't Hoff :

$$(1) \qquad \frac{d \log k}{dT} = -\frac{q}{RT^2},$$

où q représente la chaleur dégagée dans la réaction à la température absolue T, et R la constante des gaz parfaits, permet de calculer la valeur de k relative à chaque température. Il suffit, pour cela, de connaître q, mesurée à la température ordinaire par Berthelot, et calculable à toute température à l'aide des résultats de Mallard et Le Châtelier sur les chaleurs moléculaires des gaz, et de connaître la constante d'intégration de l'équation (1), que l'on détermine par comparaison avec l'une des valeurs trouvées expérimentalement.

Les valeurs de k ainsi mesurées et calculées présentent une très bonne concordance, comme le montre le tableau suivant (la constante d'intégration a été déterminée à l'aide de l'expérience relative à 986°) :

Température.	786°	886°	986°	1005°	1086°	1205°	1405°
k mesuré . .	0,81	1,19	(1,54)	1.68	1,95	2,10	2,49
k calculé . .	0,80	1,15	(1,54)	1,62	1,96	2,49	3,37

La vérification est très satisfaisante, sauf aux très hautes températures, où des dissociations viennent probablement compliquer le phénomène.

Il est bien évident que, en dehors de l'intérêt théorique qui s'attache à cette nouvelle vérification de la loi du déplacement de l'équilibre par variation de température, de semblables recherches ont un intérêt pratique considérable.

Elles permettent, par exemple, de fixer la température qu'il convient d'établir dans un gazogène producteur de gaz à l'eau ou de gaz mixte (Dawson), pour obtenir un gaz dont la composition corresponde au rendement maximum en pouvoir calorifique.

[1] *Zeitschr. für physik. Chem.*, t. XLII, p. 705, 1903.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Société de Géographie de Paris. — Dans sa séance du 22 mai, la Commission centrale de la Société de Géographie de Paris a entendu trois intéressantes communications : l'une de M. de Lapparent, membre de l'Institut, sur *les mers anciennes au Soudan*, l'autre de M. Charles Rabot sur *la ligne ferrée la plus septentrionale du monde* : *Gellivare-Ofotenfjord*, et enfin la troisième de M. le Dr Loir sur un séjour de *cinq mois dans l'Afrique Australe*.

M. de Lapparent signale l'intérêt scientifique des recherches poursuivies dans le Soudan français par nos officiers et à l'instigation de M. le commandant Gouraud. Entre le Niger et le Damergou, M. le capitaine Gaden a trouvé, dans un calcaire en bancs horizontaux, des fossiles bien caractéristiques de l'étage *Lutétien* des géologues, représenté dans le Bassin parisien par le calcaire grossier dans lequel ont été creusées les catacombes de notre Capitale. Donc, à l'époque tertiaire, pendant que se déposait sur l'emplacement de Paris le calcaire grossier, la même mer s'étendait sur le Soudan, depuis le Sénégal jusqu'au Tchad. Si l'on se rappelle : d'une part, l'Oursin fossile recueilli à Bilma par le colonel Monteil, et qui indiquait la partie supérieure du Crétacé, c'est-à-dire le *Maëstrichtien* ; et, d'autre part, l'Ammonite trouvée par M. le capitaine Gaden dans le Damergou, entre Zinder et l'Aïr, Ammonite qui est la première rapportée de l'Afrique centrale et qui indique la présence du Crétacé supérieur et spécialement du *Turonien*, on comprendra l'importance de ces découvertes paléontologiques, qui ne manqueront pas de modifier les idées admises sur l'histoire géologique de l'Afrique.

M. Charles Rabot annonce l'ouverture d'un chemin de fer à travers la Laponie. Cette ligne ferrée, la plus septentrionale du monde, part de la ville suédoise de Luléa sur la Baltique pour aboutir sur la côte de Norvège près des célèbres îles Loffoden. Elle a été construite par les Gouvernements suédois et norvégien pour permettre l'exploitation de gisements de minerai de fer situés au centre de la Laponie et classés parmi les plus importants de l'Europe. L'exploitation de ces mines a attiré une nombreuse population dans cette région, qui était, il y a quelques années, un véritable désert. Dans cette partie de la Suède et de la Norvège, les villes ont poussé avec la même rapidité que dans le Far West américain.

Ce « translapon » sera relié prochainement au réseau russe qui doit s'étendre, cet été, jusqu'au fond du golfe de Botnie. De sorte que le nouveau chemin de fer deviendra la tête de ligne, sur l'Atlantique, du réseau russe et du Transsibérien. Cette ligne nouvelle tendrait donc à déplacer vers le Nord le courant commercial qui passait jusqu'ici par la Baltique.

M. le Dr Loir a fait ensuite la relation de son séjour dans l'Afrique australe. On se rappelle que ce savant avait été chargé par la Chartered d'installer à Bulawayo un « Institut Pasteur » pour lutter contre la rage qui faisait de nombreuses victimes dans la Rhodesia. Il a donc profité de son séjour dans ce pays, appelé jadis Cafrerie, pour en étudier les populations et les ruines, y étudier aussi la Chartered et les projets de construction de la grande voie ferrée du Cap au Caire. Après avoir montré que les Cafres sont les seuls nègres laborieux et industrieux du Sud africain, il insiste sur les Hottentots, dont la race est mélangée de sang blanc, et sur les aborigènes africains qui appartiennent à la race pygmée. Les individus de cette race mesurent à peine 1m,40; ils vivent loin des centres civilisés, se nourrissent des produits de la pêche et de la chasse et sont troglodytes. Ces peuplades disparaîtront devant les progrès de la colonisation, et ceux-ci pourraient se résumer dans l'histoire de la Chartered. Fondée par Cecil Rhodes, cette Société, à charte et à pouvoirs réguliers, a mis en valeur les richesses minières et autres de l'ancienne Cafrerie, devenue la Rhodesia, du nom de cet organisateur qui a pour ainsi dire découvert ce pays et dont il a assuré l'avenir. La Chartered étend son autorité sur une région grande comme la France et l'Autriche réunies, et ménage à l'Angleterre l'empire de presque toute l'Afrique australe et sud-centrale.

C'est qu'en effet la possession de la Rhodesia, où l'on trouve des ruines arabo-phéniciennes, et où Salomon venait chercher son or, est d'une importance capitale pour l'Empire britannique, à cause de la construction du chemin de fer du Cap au Caire, dont la tête de ligne sera Bulawayo. Ce grand projet a été conçu par Cecil Rhodes, qui non seulement fut l'âme de toutes les grandes entreprises du Sud africain, mais qui, de plus, avait fait le rêve de donner la main à ses compatriotes du Soudan et de l'Egypte. Ce rêve, malgré l'héroïque résistance du peuple boer, semble se rapprocher de la réalité. Que celle-ci soit proche ou lointaine, elle n'en met pas moins en relief la puissance d'expansion du peuple britannique sur la terre africaine.

Les plantes alimentaires des pays chauds. — La création d'un jardin potager est l'une des choses les plus indispensables pour l'Européen qui s'établit en pays tropical. Habitué à une grande abondance et à une grande variété de légumes frais, il éprouve, en effet, une véritable souffrance lorsqu'il se trouve réduit aux seules ressources alimentaires des indigènes, qui, souvent, sont très limitées. Aussi, peut-on dire que la culture des plantes potagères, dans ces conditions, offre une importance de premier ordre au point de vue de l'hygiène.

M. Bois, dans une conférence aux voyageurs et colons faite au Muséum le 26 mai, a passé en revue les conditions dans lesquelles un jardin potager colonial doit être établi.

On doit choisir un emplacement situé dans le voisinage de l'habitation, à une assez grande altitude, si possible, et sans arbres. Le sol devra être aménagé de manière à assurer l'écoulement des eaux superflues en temps de grandes pluies, et il sera nécessaire d'avoir à sa disposition de l'eau en quantité suffisante pour les arrosages en temps de sécheresse. L'accès du potager doit être facile, afin de permettre les apports de fumier à l'aide de voitures.

Parmi les légumes d'Europe qui peuvent être cultivés avec succès dans la région intertropicale, surtout pendant la saison sèche et fraîche, M. Bois cite les Radis, les Choux, les Salades diverses : Laitues, Romaines, Chicorées, Scaroles, diverses Courges, les Concombres, les Tomates, les Aubergines, les Piments, le Cresson alénois, l'Oseille, la Scorsonère, etc. ; d'autres légumes ne peuvent être obtenus qu'en région très favorable : Carottes, Navets, Asperges, Oignons. Il en est, enfin, qui sont presque incultivables : Pois, Lentilles, Pommes de terre, Artichauts.

Il existe heureusement, en dehors des plantes potagères d'Europe, des légumes particuliers aux pays chauds, auxquels il importe de donner une grande place.

M. Bois cite, parmi les plantes à tubercule féculent utilisables comme la Pomme de terre : le Manioc, la Patate, les Ignames, le Taro, le Chou Caraïbe, le Dolic bulbeux (*Pachyrrhizus angulatus*), les *Plectranthus ternatus* et *Coppini*, le *Coleus tuberosus*, etc.

Une autre catégorie de plantes produisent des fruits ou des graines que l'on peut consommer comme les Haricots ou les Pois : Haricot de Lima ou Pois de sept ans (*Phaseolus lunatus*), Haricot du Cap (*Phaseolus capensis*), les nombreuses variétés du *Phaseolus Mungo*, le Dolique Lablab (*Dolichos Lablab*), le Dolique Mongette (*Vigna Catiang*), le Dolique asperge (*Vigna sesquipedalis*), l'Ambrevade ou Pois d'Angole (*Cajanus indicus*), le Pois chiche (*Cicer arietinum*), le Soya (*Glycine Soja*), l'Arachide (*Arachis hypogæa*), le Pois Bambara (*Voandzeia subterranea*), etc.

Comme fruit féculent de très grande consommation,

constituant la base de l'alimentation dans certaines régions, il cite la Banane (*Musa paradisiaca*), qu'il ne faut pas confondre avec la Figue Banane (*Musa sapientum*), qui, elle, est un fruit de dessert.

Un légume très répandu dans les pays chauds est le Gombo (*Hibiscus esculentus*), au fruit mucilagineux, que l'on mange frais ou séché, mêlé au riz ou cuit avec de la viande ou du poisson, et qui entre dans la préparation du Calalou, fameux mets créole.

M. Bois cite aussi un certain nombre de Cucurbitacées cultivées pour leur fruit, comme les Courges et les Concombres, notamment le Chayote (*Sechium edule*), le Bénincasa (*Benincasa cerifera*), les Pipengailles (*Luffa acutangula* et *cylindrica*), les Margoses (*Momordica Charantia*) et autres espèces, etc.

Enfin, parmi les plantes dont les feuilles sont mangeables comme celles de l'Epinard, nous notons : les Brèdes (Amarantes, Baselles), le Pétsaï ou Chou de Chine (*Brassica Chinensis*), la Patate, etc.

En terminant, M. Bois dit qu'il existe, dans certains pays, des plantes que les indigènes recherchent pour leur nourriture et qui sont, parfois, négligées à tort par les Européens. Quelques-unes d'entre elles ont de réels mérites et seraient susceptibles d'amélioration par la culture, et nous aurions, dans tous les cas, intérêt à les étudier. Il fait appel au concours des auditeurs qui se trouveraient à même de le faire, pour lui adresser des graines, des bulbes ou des tubercules afin de l'aider à continuer les recherches qu'il poursuit dans cet ordre d'idées depuis plus de vingt ans.

§ 7. — Universités et Sociétés

Société des Amis de l'Université de Paris. — Cette Société vient de tenir son assemblée générale annuelle sous la présidence de M. Casimir Périer. Dans son allocution, le Président a retracé l'œuvre philanthropique et élevée de cette Association; il a montré que la Société s'est constituée l'auxiliaire efficace des Pouvoirs publics, en créant des bourses, en subventionnant des chaires et en achetant des instruments scientifiques.

M. Lyon-Caen, membre de l'Institut, secrétaire général de la Société, a ensuite donné lecture de son Rapport, dans lequel il montre ce qui a été fait pour les étudiants et pour les études supérieures françaises.

En 1903, 11.000 francs seront consacrés aux bourses de voyage à l'Etranger et aux subventions diverses que nous allons indiquer.

Quatre bourses sont accordées à des étudiants qui désirent se rendre dans des pays étrangers. M. Nast (Faculté de Droit), qui prépare une thèse de doctorat sur les Sociétés coopératives de consommation, et particulièrement sur l'emploi le plus profitable des *bonis*, ira étudier cette question en Allemagne. M. Scelle (Faculté de Droit) ira dépouiller les archives d'Espagne et de Portugal, afin de recueillir des documents sur les traités d'*Assiento*, relatifs au monopole de la traite des nègres. M. Hérubel (Faculté des Sciences) fera un voyage sur les côtes de la Norvège pour achever sa thèse sur les Géphyriens, Vers dont les affinités sont très indécises. Enfin, M. Rottach (Faculté des Lettres) étudiera, dans les pays scandinaves, les hautes écoles populaires issues du mouvement démocratique.

Une subvention de 2.500 francs est accordée à M. Kœnigs, professeur de Mécanique physique et expérimentale à la Faculté des Sciences, qui a déjà construit dans son laboratoire un certain nombre de modèles de Mécanique affectés à l'enseignement, et qui se propose de construire, dans cet atelier, les pièces d'une machine de traction d'une puissance de 50 tonnes, destinée aux expériences variées auxquelles donne lieu l'étude de la traction, de la compression et de la flexion des corps. Cette machine fait défaut dans nos laboratoires, alors que plusieurs laboratoires de Berlin en possèdent d'une puissance de 3.000 tonnes.

Une somme de 2.000 francs est attribuée à l'Ecole de Médecine, pour l'achat d'une lanterne système Zeiss (projection de préparations microscopiques) qui doit servir aux trois enseignements de l'Histologie, de l'Anatomie pathologique et de l'Histoire naturelle médicale. La même école recevra 1.000 francs pour l'achat d'un enregistreur continu (Laboratoire de Médecine mentale et des maladies de l'encéphale).

Enfin, la Faculté des Lettres reçoit 2.000 francs pour publier, dans sa *Bibliothèque*, un plus grand nombre de travaux originaux.

M. Lyon-Caen conclut en disant que : « De plus en plus, les besoins de l'enseignement supérieur dépassent les ressources dont peuvent disposer les Etats et les Villes, même les plus généreux pour les choses de la science, comme le sont, depuis trente ans, la France et la Ville de Paris. Si nous voulons conserver ou acquérir le rang que l'enseignement supérieur et la science française doivent avoir dans le Monde, il faut qu'à l'exemple de ce qui se fait dans tous les grands pays où les Universités sont vraiment vivantes et prospères, l'initiative privée sache contribuer quelque peu à assurer leur développement. »

L'Assemblée a ensuite procédé au renouvellement du tiers des membres du Comité de direction. Ont été élus : MM. Barboux, avocat à la Cour d'appel, ancien bâtonnier; Chédeville, président de l'Association des anciens élèves de l'Ecole Turgot; Coulon, vice président du Conseil d'Etat; Darboux, professeur et doyen honoraire de la Faculté des Sciences, membre de l'Institut; Georges Duruy, professeur à l'Ecole Polytechnique; Forichon, premier président à la Cour d'appel; Glasson, doyen de la Faculté de Droit, membre de l'Institut; Masson, libraire-éditeur; Raymond, Poincaré et Jules Siegfried, anciens ministres.

M. Liard, vice-recteur de l'Académie de Paris, président du Conseil de l'Université, a été élu membre du Conseil, en remplacement de M. Dubasty, nommé secrétaire de la Société.

Société Astronomique de France. — Cette Société a tenu, le 6 mai dernier, sa séance annuelle sous la présidence de M. H. Poincaré, professeur à la Sorbonne. Le savant mathématicien a parlé « des progrès de l'Astronomie » et montré que c'est à cette science que nous devons nos vues les plus générales sur la Nature et ses lois. Pour le physicien et le chimiste, les astres sont le laboratoire grandiose, les gigantesques creusets où la matière se transforme. Puis, M. Camille Flammarion a fait une conférence sur « la Terre et l'Homme dans l'Univers », dans laquelle il a réfuté la vieille théorie, récemment reprise par un savant anglais, M. Wallace, faisant du Soleil le centre de l'Univers et, par conséquent, de l'Homme le but de la Nature.

Université de Clermont. — Le Conseil de l'Université de Clermont vient d'être autorisé à instituer un doctorat d'Université, section *Sciences*. Les aspirants devront produire, en vue de leur inscription, deux certificats d'études supérieures obtenus devant une Faculté des Sciences, ou des diplômes français ou étrangers déclarés équivalents par la Faculté. La durée de la scolarité est de deux semestres au moins.

Université de Grenoble. — Le Conseil de l'Université de Grenoble vient d'apporter des modifications aux conditions de scolarité prévues pour le diplôme d'*Ingénieur-électricien* de cette Université. Ce diplôme pourra être attribué : 1° aux ingénieurs diplômés des grandes écoles techniques de France ou de l'Etranger; 2° à des techniciens dont les connaissances générales seraient jugées assez étendues par le jury d'admission. La scolarité est réduite à une année pour les étudiants de cette catégorie.

J. WILLARD GIBBS

SA VIE ET SON ŒUVRE

Josiah Willard Gibbs (Y. C. 58), professeur de Physique mathématique à Yale College, est mort à New-Haven le 28 avril dernier; c'est une perte irréparable pour la science. La *Revue* ne pouvait laisser disparaître ce puissant esprit, ce savant modeste, sans lui adresser un dernier hommage. M. L. Olivier m'a confié le difficile honneur de rappeler l'influence prépondérante du professeur de Yale sur les progrès de la Chimie moderne. Mais, plus familiarisé avec les méthodes de la science expérimentale qu'avec les spéculations de l'Analyse algébrique, j'éprouve quelque embarras à parler d'un mathématicien plutôt dédaigneux des réalités matérielles; je crains de ne pas savoir exposer comment l'algébriste avec ses formules est arrivé à se faire écouter des chimistes devant leurs creusets et à vaincre leur profond mépris pour les intégrales.

I

Fondateur de la Société mathématique de New-Haven et l'un de ses membres les plus actifs, J. W. Gibbs était surtout connu et apprécié dans son pays par ses travaux de Mathématiques pures sur l'Analyse vectorielle, l'Algèbre multiple, le calcul des orbites planétaires, la Mécanique statistique, etc. Aussi l'étonnement fut-il grand parmi les chimistes américains quand la renommée vint d'Europe que ses travaux de Thermodynamique avaient révolutionné la Chimie et donné à cette science une nouvelle orientation en inspirant les travaux, toujours plus nombreux, des van der Waals, Ostwald, Bakkhuis Roozeboom et de tous leurs élèves. L'édition primitive de son Mémoire fondamental *sur l'équilibre des systèmes hétérogènes* était devenue introuvable, et, pour l'étudier, ses compatriotes durent recourir aux traductions en langues étrangères. Ils ont aujourd'hui largement rattrapé le temps perdu, et la voie ouverte par Gibbs est activement explorée par toute une École de chimistes américains sous la direction des Trevor, Bancroft, Saurel.

J. W. Gibbs, fils de J. W. Gibbs (Y. C 09), professeur de langue hébraïque à l'Université, et de Mary Anna van Cleve, naquit à New-Haven (Connecticut) le 11 avril 1839. Il fit ses études à l'École de grammaire Hopkins, où il resta jusqu'en juillet 1854 et dont il fut plus tard l'un des administrateurs. Ses études de latin furent particulièrement brillantes et lui valurent de nombreuses récompenses, preuve nouvelle, s'il en était besoin, que les études classiques n'ont jamais porté aucun préjudice au développement de l'esprit scientifique. Après avoir pris ses grades à l'Université (Bachelor of Arts) en 1858 (Y. C. 58), il consacra cinq années à l'étude des Mathématiques, puis il se rendit en Europe pour y compléter son instruction. Il passa l'hiver 1866-1867 à Paris, l'hiver de 1867-1868 à Berlin, l'hiver de 1868-1869 à Heidelberg auprès de Clausius, dont il conserva le plus vif souvenir et fit plus tard l'éloge. Enfin, il vint passer le printemps de 1869 à Paris. Cette date est importante à retenir, car, précisément cette même année, Massieu publiait son Mémoire sur les fonctions caractéristiques dont Gibbs devait plus tard faire une si remarquable application. Rentré définitivement chez lui à la fin de cette année 1869, il fut, en 1871, nommé professeur de Physique mathématique et il exerça ces fonctions jusqu'à sa mort. Ce voyage à l'Étranger décida de toute la carrière scientifique de Gibbs. Peut-être ne sera-t-il pas hors de propos de faire remarquer ici combien cette habitude de s'expatrier quelques années pour aller s'imprégner d'idées différentes de celles dans lesquelles on a été élevé est favorable au développement scientifique.

II

Les travaux les plus connus du Professeur Gibbs, ceux auxquels il doit sa réputation, se rattachent à la Thermodynamique et plus particulièrement aux applications de cette science à la Chimie. Ses études relatives aux fonctions caractéristiques, à la notion des potentiels et à leurs représentations géométriques sont aujourd'hui mentionnées dans tous les traités un peu complets de Thermodynamique. Depuis Sadi Carnot et Clausius, personne n'avait fait de progrès aussi importants dans cette voie ni introduit un aussi grand nombre de notions nouvelles. Son premier Mémoire, intitulé : *Méthodes graphiques dans la Thermodynamique des fluides*, montrait déjà une grande puissance de généralisation. Son second Mémoire, publié la même année : *Méthode de représentation géométrique des propriétés thermodynamiques d'une substance au moyen de surfaces*, attira de suite l'attention des physiciens. Maxwell, dans son petit Traité classique de la Chaleur, rendit un juste hommage à ce travail. Pour mieux faire comprendre l'intérêt de la nouvelle méthode de représentation, il fit construire

le premier modèle de la surface thermodynamique de Gibbs, pour le cas de l'eau. Deux exemplaires en furent tirés, dont l'un, offert à Gibbs, fut soigneusement conservé par lui, et dont l'autre se trouve actuellement dans la collection Maxwell du Laboratoire Cavendish, à Cambridge. Le diagramme entropique, si fréquemment invoqué aujourd'hui dans l'étude de la machine à vapeur, dérive de l'une des surfaces en question.

Ces deux Mémoires ont été signalés à l'attention des savants français par M. G. Mouret, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui en a donné un résumé dans le *Journal de Physique*.

J. W. Gibbs prend comme point de départ de la représentation des propriétés thermodynamiques d'une substance les deux fonctions caractéristiques de Massieu, H et H'. Il envisage deux surfaces ayant pour coordonnées : l'une H, v, s, et l'autre H', p, t. Ces deux surfaces jouissent d'une propriété de réciprocité remarquable : les coefficients angulaires du plan tangent en un point de l'une d'elles sont proportionnels aux coordonnées du point correspondant de l'autre, et réciproquement. Les différents états d'un même corps en équilibre entre eux (solide-gaz, solide-liquide, liquide-gaz) correspondent aux points d'intersection des différentes nappes de la suface H' et aux points de la surface H ayant des plans tangents communs.

Ces surfaces existent aussi bien pour les composés définis que pour les mélanges de composition déterminée. Pour une série de mélanges de composition variant d'une façon continue, l'ensemble des surfaces représentatives possède une enveloppe commune, dont la considération devait jouer un grand rôle dans les études relatives aux équilibres chimiques.

Le grand intérêt de matérialiser ainsi par des surfaces des notions que leur extrême généralité rend tout à fait abstraites est de permettre de substituer à des raisonnements exclusivement algébriques et ayant, par suite, peu d'action sur beaucoup d'esprits, des raisonnements en quelque sorte intuitifs et plus susceptibles d'entraîner la conviction au premier choc.

Il faut mentionner, en passant, dans l'œuvre de Gibbs un mode de représentation géométrique, d'un caractère moins scientifique peut-être, mais qui n'en a pas moins rendu de grands services à la science. Il s'agit du diagramme triangulaire, permettant de représenter par un point pris sur un plan la composition centésimale d'un mélange ternaire. C'est l'application d'une propriété bien connue du triangle équilatéral. Dans un semblable triangle, la somme des perpendiculaires abaissées sur ses trois côtés d'un point quelconque pris à son intérieur est constante et égale à la hauteur. En faisant cette hauteur égale à 100, les trois coordonnées triangulaires d'un point pourront représenter la composition centésimale d'un mélange quelconque. On a souvent attribué à tort à Stokes ou à Thurston la paternité de ce mode de représentation. Il est aujourd'hui d'un usage courant dans toutes les recherches expérimentales relatives aux mélanges ternaires. Si l'esprit peut facilement comparer les résultats d'un tableau numérique résumant les valeurs d'une fonction d'une seule variable, il est absolument incapable de le faire pour une fonction de deux variables indépendantes. On pourrait citer, à l'appui des services rendus par ce diagramme, des expériences[1] dont les résultats avaient semblé tout d'abord absolument discordants et peut-être même inexacts, dont les auteurs eux-mêmes n'avaient pu tirer aucune conclusion, qui se sont ensuite classées d'une façon absolument lumineuse au moyen du triangle de Gibbs et ont mis en évidence des conséquences fort intéressantes.

III

Le travail capital de Gibbs, intitulé *De l'équilibre des systèmes hétérogènes*, fut publié en deux parties : l'une, relative aux phénomènes chimiques proprement dits, parut en 1876 dans les Comptes rendus de l'Académie du Connecticut, et la seconde, relative aux phénomènes capillaires et électriques, parut dans le même recueil en 1878. Son objet essentiel était de tirer de la Thermodynamique toutes les conséquences relatives aux conditions d'équilibre de substances chimiques différentes, considérées tant au point de vue de leur état chimique que de leur état physique. Ce champ d'investigation, devenu le point de départ d'une science jeune et vigoureuse, la Chimie physique, a, dans ces quinze dernières années, été cultivé avec une ardeur tous les jours croissante. Lorsque ce Mémoire parut, la science en question n'existait pas encore, et l'on comprend difficilement comment, au milieu de la confusion des données expérimentales et des raisonnements théoriques, Gibbs a pu, par un effort vraiment extraordinaire de faculté d'imagination scientifique et de puissance logique, poser tous les principes de la nouvelle science et en prévoir tous les développements ultérieurs.

Rappelons en quelques mots l'état de la science au moment de l'apparition du Mémoire sur l'équilibre des systèmes hétérogènes. Sadi Carnot avait, depuis cinquante ans, montré, en partant du principe de l'impossibilité du mouvement perpétuel, l'existence de certaines relations nécessaires entre les grandeurs intéressées dans les phénomènes calorifiques : température, quantité de chaleur.

[1] *Bull. Soc. Encourag.*, 1898, p. 1321-30.

Peu de temps après, Joule avait observé une corrélation entre la destruction du travail et l'apparition d'une quantité équivalente de chaleur. Enfin, Clausius avait coordonné ces principes épars pour en faire un corps de doctrine et fondé la Théorie mécanique de la Chaleur. Mais, en subordonnant toute cette science à la considération des phénomènes calorifiques et en y faisant intervenir des hypothèses relatives à la constitution de la matière, il en avait faussé le caractère et avait rendu plus difficile la généralisation des idées premières de Sadi Carnot. Enfin, en habillant cette science d'un appareil trop mathématique, il avait rebuté les expérimentateurs, et, en particulier, les chimistes.

De leur côté, les expérimentateurs, Berthollet au commencement du siècle dans ses études de Statique chimique, Berthelot dans ses recherches sur l'éthérification, et, plus que tous les autres, H. Sainte-Claire Deville par ses études sur la dissociation, avaient introduit dans la science la notion d'équilibres chimiques, de réactions limitées, notion encore très vague, mais dont les chimistes avaient pourtant senti d'une façon plus ou moins inconsciente la très grande importance. Il ne semblait pas pourtant qu'entre la dissociation de H. Sainte-Claire Deville et le principe de l'impossibilité du mouvement perpétuel mis en œuvre par Sadi Carnot, il pût y avoir une relation quelconque.

Deux savants français, MM. Peslin et Moutier, soupçonnèrent les premiers l'existence d'une corrélation entre la Chimie et la Thermodynamique. M. Horstmann, en Allemagne, chercha à formuler dans cette direction quelques relations plus générales. Mais c'est à Gibbs qu'appartient l'honneur d'avoir fusionné ces deux sciences en une seule : la *Mécanique chimique*, d'avoir constitué un corps de doctrine complètement défini, auquel on pourra faire des additions dans l'avenir, mais auquel les progrès de la science ne pourront rien enlever.

Son succès est entièrement dû à sa méthode strictement scientifique, qui lui est commune, d'ailleurs, avec d'autres grands génies, créateurs de théories scientifiques semblables : Fresnel pour la théorie de la Lumière, Ampère pour la théorie de l'Électricité, Newton pour la théorie de la Gravitation universelle. Cette méthode consiste à partir d'un petit nombre de principes ou hypothèses premières, comme on voudra les appeler, et à chercher toutes les conséquences nécessaires de ces principes, sans jamais, au cours des raisonnements, introduire d'hypothèses nouvelles, ni rien sacrifier à la rigueur des raisonnements.

En outre, contrairement aux errements trop fréquents des mathématiciens, il s'est toujours préoccupé de diriger ses calculs vers l'établissement de relations entre des grandeurs concrètes, les seules qui intéressent le physicien et le chimiste, et ne s'est pas contenté d'arriver à des relations entre des fonctions algébriques quelconques. Par cette méthode rigoureusement scientifique, il est arrivé au résultat surprenant de formuler les lois précises de phénomènes dont il ne semble pas avoir eu, en effet, la moindre connaissance. La lecture de ses Mémoires paraît indiquer une ignorance à peu près complète des multiples composés de la Chimie. Il n'en mentionne pas même une demi-douzaine : l'eau, le sel marin, le soufre, l'acide iodhydrique. Et pourtant ses conclusions, embrassant la totalité des phénomènes chimiques, reçoivent, au fur et à mesure du développement des recherches expérimentales, des consécrations tous les jours plus nombreuses.

On conçoit qu'un Mémoire rédigé sans même mentionner les faits les plus élémentaires de la Chimie soit d'une lecture particulièrement difficile pour les chimistes; aussi pendant longtemps ce Mémoire est-il resté complètement ignoré. Il a fallu que la traduction en fût donnée en langage compréhensible pour les expérimentateurs, et, pour le faire, il a fallu tout d'abord découvrir la signification concrète de formules énoncées le plus souvent sous une forme purement algébrique et d'une façon extraordinairement concise. On trouve, par exemple, au bas d'une page l'inégalité :

$$\eta . dt \leqslant 0.$$

C'est l'expression d'une loi capitale, donnant le sens de la variation de tous les phénomènes chimiques avec la température, fusion, volatilisation, dissociation, solubilité, etc. On ne l'a pas reconnu à la première lecture.

IV

Les commentateurs de Gibbs ont été : d'abord van der Waals en Hollande, bientôt suivi par Bakkhuis Roozeboom; Ostwald en Allemagne; G. Mouret et Duhem en France.

Pendant, il est vrai, que l'étude de Gibbs sommeillait inconnue dans les Comptes rendus de l'Académie du Connecticut, on continuait à travailler dans la voie inaugurée par Moutier, Peslin, Horstmann, et la plupart des lois découvertes par Gibbs furent ainsi retrouvées à nouveau avant d'avoir été reconnues dans ses œuvres. C'est ainsi que ces lois sont pour la première fois venues à la connaissance des chimistes. La priorité de Gibbs n'en subsiste pas moins et même, abstraction faite de cette priorité, il n'y a aucune comparaison à faire entre ces recherches et les siennes, parce que le plus souvent elles n'ont eu ni la même rigueur ni la même généralité; mais surtout elles n'ont pas

été conduites avec une méthode assez systématique pour fonder une véritable théorie scientifique. Il y a entre ces recherches partielles et celles de Gibbs la même différence qu'entre la résolution des problèmes de maxima par les méthodes des anciens géomètres et l'ensemble des méthodes du Calcul différentiel et intégral.

Résumons rapidement les idées nouvelles introduites par Gibbs dans la science chimique. Une des premières et des plus importantes est la distinction fondamentale entre les réactions limitées par un phénomène d'équilibre et celles qui restent incomplètes ou même ne se produisent pas par le fait des *résistances passives* analogues à celles des phénomènes mécaniques et physiques : le frottement, la viscosité, l'hystérésis. Cette idée si simple a de suite jeté un jour incroyable sur tous les faits accumulés au sujet de la dissociation, dont l'obscurité allait en croissant avec le nombre des expériences. La confusion entre ces deux classes de phénomènes si différents empêchait la découverte des lois les plus simples de l'équilibre chimique. Mais cette distinction n'occupe pas quinze lignes dans le Mémoire de Gibbs et il a fallu bien des années pour l'y découvrir.

Il précise en second lieu la notion d'équilibre chimique et l'identifie avec celle de *réversibilité*, introduite dans la science par Sadi Carnot. Un système quelconque, mécanique, physique, chimique, est en équilibre quand il peut être déplacé dans deux directions de sens contraire avec une dépense de travail nulle dans les deux cas. Expérimentalement, l'existence ou l'absence d'équilibre se reconnaît à la possibilité de provoquer des réactions inverses par des changements infiniment petits de pression, de température, etc. Toute réaction limitée, pour laquelle on n'aura pas reconnu ce caractère de la réversibilité, doit être laissée en dehors des phénomènes d'équilibre proprement dit.

L'application des principes de la Thermodynamique aux cas d'équilibre a permis à Gibbs de formuler un certain nombre de lois entièrement nouvelles et d'une rigueur absolue, s'appliquant à l'universalité des phénomènes chimiques et dont aucune, chose difficile à comprendre, n'avait même été soupçonnée auparavant par les expérimentateurs. On peut diviser ces lois en trois groupes :

1° La célèbre loi des *phases*, dont la signification et l'importance ont été mises en évidence par Bakkhuis Roozeboom et ses élèves. Elle définit le nombre des variations indépendantes que l'on peut faire subir à un système en équilibre chimique sans détruire cet état d'équilibre. Le nombre de ces variations est égal à la somme du nombre des constituants chimiques différents existant dans le système et du nombre des actions physiques différentes s'exerçant sur le système diminuée du nombre des phases ou masses homogènes différentes en présence. Cette loi permettant de classer les phénomènes d'équilibre par degré de variance en facilite grandement l'étude. Elle a seule permis d'aborder l'examen des cas complexes, par exemple l'étude, faite par M. Van t'Hoff, de l'équilibre entre les nombreux sels de l'eau de la mer;

2° La loi d'*équilibre isochimique* des systèmes univariants. Elle donne une relation entre les variations simultanées de pression et de température que l'on peut faire subir à un système chimique sans détruire son état d'équilibre. La loi de Clapeyron-Carnot, depuis longtemps connue pour les systèmes à tension fixe, en est un cas particulier;

3° Les lois de *stabilité de l'équilibre*. Quand on ne fait varier qu'une seule des conditions déterminantes de l'équilibre, celui-ci est détruit. Si l'équilibre est stable, et c'est le cas de tous les exemples connus jusqu'ici en Chimie, il tendra à se produire une réaction qui rapproche le système d'un état d'équilibre. Cette réaction a toujours lieu dans un sens tel qu'elle tende à produire un changement de pression, de température, de masse, de signe opposé à celui dont le changement a amené la destruction de l'équilibre.

Nous avons, M. Mouret et moi, signalé dans un article de la *Revue*[1] ces différentes lois, qui avaient jusque-là passé inaperçues. Si elles sont les plus importantes par leur généralité, ce ne sont pas cependant les seules à mentionner. Parmi les autres conséquences intéressantes de la Thermodynamique appliquée aux phénomènes chimiques, on doit citer celles qui concernent particulièrement le point critique, les dissolutions et les pressions osmotiques, etc.

A la première lecture du Mémoire de Gibbs on peut être tenté de penser qu'il ne s'est pas astreint autant que nous l'avons dit à n'établir des relations qu'entre des grandeurs concrètes. On y voit à chaque instant figurer des fonctions μ ou potentiels chimiques des corps en présence échappant à tous nos moyens de mesure. Ce ne sont pas moins des grandeurs concrètes au même titre que la pression, la force électro-motrice, la température et jouant un rôle correspondant à celui de ces grandeurs vis-à-vis de la puissance chimique. Il n'y a rien d'impossible à ce que nous arrivions un jour ou l'autre à en réaliser la mesure. Avant la découverte de Oerstedt on aurait été fort embarrassé de mesurer la force électro-motrice des piles. Dans l'état actuel, il faut se contenter d'utiliser celles des formules de Gibbs où ces forces chimiques ne

[1] H. Le Chatelier et G. Mouret : Les équilibres chimiques, dans la *Revue* des 28 février et 15 mars 1901, t. II, p. 99 et 138.

figurent pas; les autres doivent être réservées pour le jour où nos connaissances seront plus avancées. On pourrait être tenté cependant de considérer pour le moment l'intervention des potentiels dans tous les calculs comme une cause d'obscurité qu'il serait préférable de faire disparaître. En fait, il n'en est rien; l'introduction des forces chimiques, dont ces potentiels expriment la mesure, donne beaucoup de clarté au raisonnement en le rendant plus symétrique, comme le font souvent les imaginaires en Analyse dans les calculs sur les quantités réelles.

V

On s'étonnera peut-être que la réputation de Gibbs ait été si longue à s'établir; mais l'infirmité naturelle de notre esprit, même soutenu par une culture scientifique très développée, nous permet difficilement d'apprécier du premier coup à leur juste valeur les travaux comportant l'introduction dans la science d'idées nouvelles. Si Gibbs était mort dix ans plus tôt, il n'aurait pas vu rendre justice à son génie; il eût vécu inconnu comme Sadi Carnot. Quelques grands savants : Lavoisier, H. Sainte-Claire Deville, Pasteur ont joui de leur vivant et très rapidement d'une réputation universelle. Mais, si l'on cherche la cause de cette notoriété, on doit avouer qu'elle est due à des raisons tout à fait étrangères le plus souvent à leurs travaux. Le laboratoire de Lavoisier était un véritable salon présidé par Mme Lavoisier, où se réunissait une élite intellectuelle. Celui de Sainte-Claire Deville servait le dimanche de lieu de réunion à des camarades, des amis, des élèves, qui allaient ensuite répandre autour d'eux la gloire de leur maître et de leur ami. Pasteur était un apôtre toujours sur la brèche, également prêt à recevoir les coups et à en donner. Les journaux quotidiens étaient remplis de ses luttes et de ses victoires sur les médecins ou les agriculteurs. La réputation de ces savants a été, dans une certaine mesure, indépendante de la valeur de leurs travaux. Beaucoup de leurs contemporains dont il n'est plus question aujourd'hui possédaient de leur vivant une aussi grande réputation et pour les mêmes causes.

Gibbs n'avait aucune de ces qualités brillantes et faciles qui attirent la popularité. D'une nature extrêmement réservée et modeste, il vivait à l'écart, concentré dans ses méditations. Sans fuir la conversation de ses collègues, il se rendait cependant compte qu'il ne parvenait que difficilement à leur faire comprendre le fond de sa pensée. Très dévoué à ses fonctions de professeur, il n'arrivait pas néanmoins à se faire suivre par des élèves dont la préparation n'était pas toujours suffisante, et il n'a pas formé beaucoup de disciples. C'est avec la plus grande peine qu'il se décidait à livrer à la publication le résultat de ses études, et, malgré les efforts de ses amis, il ne consentit jamais à donner un exposé élémentaire de ses idées destiné à en faciliter la vulgarisation. Atteint depuis longtemps de la maladie de cœur qui devait l'emporter, il avait, en raison de l'état de sa santé, été conduit à rendre encore plus strict l'isolement dans lequel il vivait.

Si, malgré ces conditions défavorables, la gloire est venue le chercher, c'est qu'elle était dix fois méritée. Il faut environ vingt-cinq ans pour apprécier à leur juste valeur les idées nouvelles mises en circulation dans la science. Ce laps de temps est écoulé pour les premiers travaux de Gibbs; le jugement de ses admirateurs est aujourd'hui définitif et sera ratifié par la postérité.

Le meilleur éloge à faire de son œuvre est de répéter celui qu'il adressait à celle de Clausius dans la Notice qu'il lui a consacrée :

« Une telle œuvre ne se mesure pas au nombre des titres et des pages. Le monument qu'il a édifié ne se résume pas en quelques volumes imprimés, il embrasse la pensée des hommes et l'histoire de toute une science[1] ».

H. Le Chatelier,
Professeur de Chimie minérale
au Collège de France.

[1] **Index bibliographique.** — 1873. Graphical methods in the thermodynamics of fluids. (*Trans. Con. Acad.*, t. II, p. 309-342.)

1873. A method of geometrical representation of the thermodynamic of substances by means of surfaces. (*Ibid.*, p. 382-404.)

Un extrait en français de ces deux memoires a été donné par M. Mouret. (*Journ. de Physique*). Leur traduction complète, faite par M. G. Roy, avec une préface de M. B. Brunhes est actuellement sous presse. C. Naud, édit., Paris, 1903.

1875-1878. On the equilibrium of heterogeneous substances. (*Ibid.*, t. III, p. 108-248 et p. 343-524).

Une traduction allemande des deux parties de ce Mémoire a été faite en 1892 par M. Ostwald et une traduction française en 1899, par M. Le Chatelier (Carré et Naud, édit.).

1879. On the fundamental formulae of Dynamics. (*Amer. Journ. Math.*, t. II, p. 49-64.)

1879. On the vapor densities of peroxyd of nitrogen, formic acid, acetic acid and perchlorid of phosphorus. (*Amer. Journ. of Science*, t. XVIII, p. 277-293 et p. 371-387.)

1881 et 1884. Elements of vector Analysis arranged for use of students in Physic. (New-Haven, in-8°, p. 1 et 36 *in* 1881, et p. 38-83 en 1884.)

1882-1883. Notes on the electromagnetic theory of light :

1° On double refraction and the dispersion of colors in perfectly transparent media. (*Amer. Jour. of science*, (3), t. XXIII, p. 262-275.)

2° On double refraction in perfectly transparent media which exhibit the phenomena of circular polarization. (*Ibid.*, p. 440-476.)

3° On the general equations of monochromatic light in media of every degree of transparency. (*Ibid.*, t. XXV, p. 107-118.)

1886. On multiple Algebra. Vice-president's adress before the Section of Mathematics and Astronomy of the American Association for the Advancement of Sciences. (*Proc. of Amer. Ass. Adv. Sc.*, t. XXXIII, p. 37-66.)

1887 et 1889. — Electrochemical tnermodynamics. Let-

LE LAC TCHAD

PREMIÈRE PARTIE : LE LAC, LES AFFLUENTS, LES ARCHIPELS

I. — Historique.

C'est en 1823 que trois voyageurs anglais, Denham, Clapperton et Oudney[1], venus de Tripoli, atteignent le Tchad en suivant la rive occidentale jusqu'à Kouka, et nous rapportent une relation détaillée de leur voyage. Le major Denham contourne la partie méridionale du lac, traverse le Chari en aval de Chaoui, passe au pied de l'Hadjer el Hamis et atteint Tegaga, dans le sillon desséché du Bahr el Ghazal.

En 1851, Barth[2] visite toute la côte du Bornou, remonte au Kanem, traverse le Chitati.

En 1852, le compagnon de Barth, Overweg, déjà malade, s'embarque près de Kaoua, sur une pirogue boudouma, et peut atteindre les îles. Il meurt à son retour à Maïdouari, sans avoir pu noter les renseignements recueillis et sans laisser de relation de son voyage.

En 1854, Vogel arrive à Kouka, détermine astronomiquement la position de la capitale, puis prend la route du nord par Nguigmi et Yô, qu'il détermine en latitude et longitude.

En 1866, Rohlfs[3], comme ses devanciers, suit la côte occidentale du lac par Kouka et Nguigmi.

En 1870, Nachtigal[1] séjourne à Kouka, y écrit l'histoire du Bornou et des pays voisins, parcourt le Kanem, descend jusqu'à N'Gouri, y recueille de nombreux renseignements sur le grand lac et sur ses habitants, et, sans y avoir pénétré, en fait l'étude la plus complète que nous ayons jusqu'à ce jour.

En 1892, Monteil[2], venant du Niger, arrive à Kouka, longe le lac par la route de Nguigmi et prend le chemin du nord.

En 1899, Gentil[3] arrive à l'embouchure du Chari sur le *Léon-Blot*, longe pendant quelques heures la rive méridionale jusqu'à hauteur du mont Hadjer el Hamis.

En 1900, la Mission Foureau-Lamy[4], arrivant de Zinder par Kouka, passe à Nguigmi, sur les bords du Tchad, atteint Kologo, suit la côte du Kanem, traversant de nombreux bahrs ou affluents du Tchad, côtoie le Dagana, atteint le Chari à Fort-Lamy.

A cette date de 1900, les renseignements que l'on possède sur le Tchad, son hydrographie, ses îles, ses habitants, la forme même du lac, sont encore fort imprécis. Au Kanem, au Bornou, chez les Arabes du Bas-Chari, courent de nombreuses légendes. Les Boudoumas et les Kouris sont représentés comme des idolâtres, des pirates cruels; cependant tous s'accordent à dire que les insulaires sont riches, qu'ils ont de nombreux troupeaux; ils font quelques échanges avec les Bornouans, les Kanembous, les Arabes. Mais, s'ils viennent sur la côte, personne, en revanche, n'ose s'aventurer chez eux.

On parle surtout d'une expédition ouadaïenne qui a pénétré chez les Kouris et qui, après avoir dispersé les insulaires et razzié leurs troupeaux, a été surprise à la faveur des ténèbres et massacrée à coups de lance.

Vers la fin de 1901, la situation politique devient meilleure autour du Tchad; les reconnaissances scientifiques poursuivies dans le Bas-Chari sont reprises dans toute l'étendue du Territoire, conformément au programme établi, sur l'initiative de

ters to the Secretary of the electrolysis Committee of the British Association. (*Rept. Brit. Adv. Sc. for* 1886, p. 388-389 and *for* 1888, p. 343-346.)

1888. A comparison of the elastic and the electrical theories of light with respect to the law of double refraction and the dispersion of colors. (*Amer. Journ. of Sc.*, (3), t. XXXV, p. 467-475.)

1889. A comparison of the electrical theory of light with Sir William Thomson's theory of a quasi labile ether. (*Ibid.*, t. XXXVII, 129-144 and *Phil. Mag.*, t. XXVII, (5), p. 238-253.)

1889. On the determination of elliptical orbits from three complete observations. (*Mem. Nat. Acad. Sc.*, t. IV, p. 79-104.)

1889. Rudolph Julius Clausius. (*Proc. Amer. Acad.*, new ser., t. XVI, p. 458-465).

1891. On the role of quaternions in the algebra of vectors. (*Nature*, t. XLIII, p. 511-514.)

1891. Quaternions und Ausdehnung lehre. (*Ibid.*, t. XLIV, 79-82.)

1893. Quaternions and Vectors analysis. (*Nature*, t. XLVIII, p. 364-367.)

1897. Hubert Anson Newton. (*Am. Jour. of Sc.*, (4), t. III, p. 359-378.)

1901. Vector analysis founded on professor Gibbs lectures, by E. B. Wilson. (*Yale bicentenial series*. C. Scribner Sons.)

1902. Elementary principle of statistical Mechanics. (*Yale bicentenial publications*. C. Scribner Sons.)

[1] Richardson, Barth, Overweg, Vogel : Voir *An account on the Progress of the expedition to central Africa.*

[2] Barth : *Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale.*

[3] Rohlfs : *Reise durch Nord-Africa.*

[1] Voir Nachtigal : *Sahara et Soudan.*

[2] V. Monteil : *De Saint-Louis à Tripoli par le Tchad.* Parmi les explorateurs de l'Afrique, le colonel Monteil est un de ceux qui ont donné les levés topographiques les plus exacts et la physionomie la plus vraie des pays qu'il a traversés. En particulier pour le Kanem, ses appréciations ont été exactement confirmées par les reconnaissances et les études faites en 1901 et 1902.

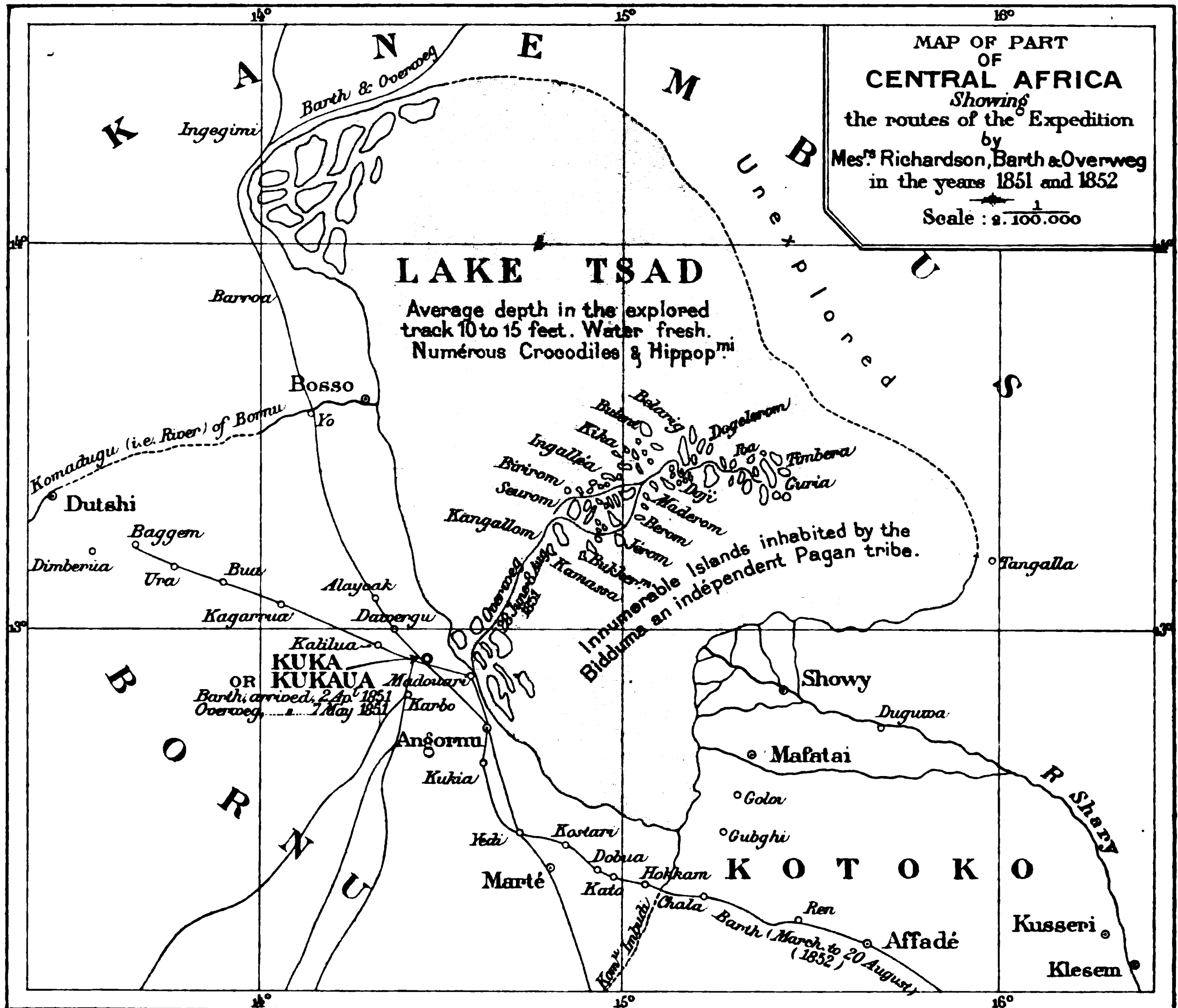
[3] V. Gentil : *Chûte de l'empire de Rabah.*

[4] Foureau : *D'Alger au Congo par le Tchad.*

M. Le Chatelier, avec le concours de M. Olivier, directeur de la *Revue générale des Sciences*.

En date du 27 décembre 1901, l'enseigne de vaisseau d'Huart, commandant la flottille du Tchad, pénètre pacifiquement chez les tribus Kouris qui occupent les îles de la partie sud-orientale du Tchad (pl. I), pendant que le lieutenant Avon longe la rive sud-est du lac par la voie de terre.

Dès la fin de janvier, la flottille reconnaît tout le groupe des îles au nord et au sud de son premier itinéraire. En même temps, un groupe venu par voie de terre, dirigé par le capitaine Truffert, reconnaît toute la partie nord et est de l'archipel Kouri, remontant au nord jusqu'à Kanassarom, et au sud traversant à plusieurs reprises toutes les îles des Kraouas. Cette même tribu avait, en 1896, anéanti un parti ouadaïen qui, sous les



Gravé par F. Borremans 5, rue Hautefeuille — Paris

Fig. 1. — *Le Lac Tchad, d'après Richardson, Barth et Overweg.*

L'enseigne de vaisseau d'Huart, après plusieurs jours de navigation contrariée par les forts vents du nord, atteint les îles des Kalis, fraction la plus méridionale des Kouris; puis il traverse pacifiquement les groupes Kélouas et Kraouas, et, le 10 janvier 1902, arrive chez Kaboulou, chef de la fraction des Kraouas Médias, la plus importante des Kraouas.

Chez Kaboulou, il était près de la côte du Kanem, à un jour de marche de Dibinondji, grand village voisin de N'Gouri, où se trouvait un poste français.

De fin janvier à fin mars 1902, la flottille reconnaît tout le groupe des îles au nord et au sud de son premier itinéraire.

ordres de l'aguid Arouna, avait pénétré dans l'archipel Kouri par Maïrom, Gubia et Favatou.

Après la reconnaissance de l'archipel Kouri, l'occupation est faite au moyen de la compagnie d'auxiliaires Yakomas. Le capitaine Truffert s'installe à Bérirem, chez le cheikh Daouda, chef de la fraction Kali, et étudie l'archipel Kouri. Le lieutenant Lacoin est placé au poste de Mishilléla, chez les Kélouas, dans la partie nord des îles Kouris, au centre des archipels du lac, et exécute un relevé d'ensemble de la partie sud-ouest du lac déjà explorée.

Le capitaine Dubois, venant de Goulfei, rejoint le 28 avril, à Bérirem, le capitaine Truffert, après avoir reconnu la région à l'est du Bas-Chari et le Bahr el Ghazal.

Le 17 mai 1902, le Lieutenant-Colonel, commissaire du Gouvernement p. i., prend passage sur le *Léon-Blot*, et, avec la flottille, visite l'archipel Kouri, les groupes Kalis, Kélouas et Kraouas, donne l'investiture aux différents chefs et leur fixe l'impôt. Il parcourt les îles des Gourias, fraction sud des Boudoumas, dont il prend à son bord le chef Korémi, continue sa route au nord-ouest, rencontrant fréquemment la côte de Kanem, aux grands bahrs vaseux, et visite tout le groupe des Madogodjias, le centre important de Djabo, sur la côte du Kanem, reconnaît le groupe des Boudjias, et remonte au nord jusqu'à Forom et Kindill, dont les lagunes marécageuses rappellent les bas-fonds vaseux de la partie sud-orientale du lac.

Cette reconnaissance dure jusqu'au 5 juin.

Le 16 juin, la flottille franchit de nouveau le seuil du Chari pour achever la reconnaissance de l'archipel Boudouma vers le nord, et atteindre vers Kologo la pointe septentrionale du Tchad, enfin, terminer et vérifier les observations astronomiques.

L'enseigne de vaisseau d'Huart parcourt le pays Maïbolloa et le pays Boudgia en faisant presque toujours du nord. Il constate le dessèchement rapide du nord-est du lac et l'exode des populations vers le sud et vers l'ouest.

A l'île de Dioléah, un peu au-dessus de la hauteur de Kologo, le vapeur atteint le point extrême du lac. Les villages de Nguigmi et Kologo sont à l'intérieur des terres et actuellement sans communications directes avec le lac.

Du côté du Kanem, le capitaine Bablon, le lieutenant Duperthuis, le capitaine Clerin et le lieutenant Dhomme atteignaient respectivement, dans leurs reconnaissances, Kologo, Bol, Kanassarom, sur la rive marginale du lac.

II. — Caractères généraux du lac.

§ 1. — Nom du lac.

Le nom de Tchad lui vient de son appellation adoptée au Bornou en langue kanouri, qui semble l'avoir empruntée au dialecte Sô. Tzad, ou Tzade, en langue Sô, signifie « grand espace couvert d'eau ».

Au Bornou, du côté de Kouka et vers Kaoua, les Bornouans en relations avec les Boudoumas lui donnent le nom de Koulou (grande mare), appellation que l'on retrouve dans quelques îles des Gourias.

Sur la rive sud-orientale du lac, le mot Tzad est absolument inusité. Chez les Assala, les Dagana, sur la terre ferme; chez les Kouris et une grande partie des Boudoumas, dans les îles, le lac est communément appelé le Bahr, du mot arabe (grande eau, grand fleuve).

§ 2. — Bassin du lac.

Le lac Tchad (fig. 2) figure le fond presque plat d'une vaste cuvette aux bords fort irréguliers et qui s'appuie :

1° Au Nord, au mont de Tummo (à 1.000 kilom. du Tchad), qui sépare le Fezzan du désert ;

2° A l'Est, aux massifs du Tibesti et du Borkou (à 700 kilom.) ; puis à la ligne de hauteurs mamelonnées (à 200 kilom.) qui séparent son bassin de

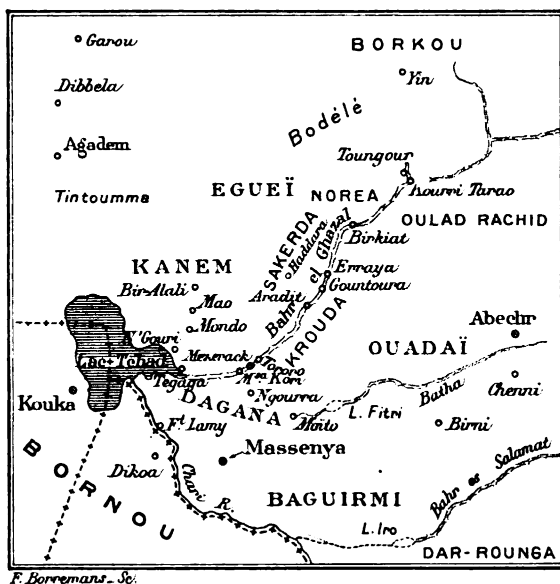


Fig. 2. — *Le Tchad et la région du Bahr-el-Ghazal.*

celui du lac Fittri, dans le pays des Oulad Hamed Medemna, aux abords du lac Fittri. Ces hauteurs s'arrêtent chez les Kouka à N'Gourra et Moïto; toutes les eaux venant des régions nord-ouest du Ouadaï sont recueillies par le Batha et le Fittri.

Les autres points d'appui sont les monts Ghéré, qui séparent le Baguirmi du Ouadaï (à 400 kilom.), les monts de Marrah, entre le Ouadaï et le Darfour (à 1.000 kilom.), les monts Zoula, Kara et Marpa, qui dominent le Dar Rounga (à 1.000 kilom.);

3° Au Sud, à la ligne des Kagas (à 800 kilom.), qui limitent l'Oubangui; aux monts Karé, Deck et Dé (à 700 kilom.) qui touchent l'Adamaoua, aux plateaux du Mandara, dans le Bornou (à 200 kilom.), et au pic de Zaria (à 600 kilom.) dans le Sokoto.

A l'Ouest, au Nord, le terrain monte en pente uniforme jusqu'aux limites du rebord. Au Nord-Est, la pente est coupée par la vallée de l'Egueï, de 60 kilomètres de largeur environ, et la grande

plaine basse du Bodélé, large approximativement de 150 kilomètres, toutes deux d'un niveau inférieur à celui du Tchad. Les pentes vers l'est sont très faibles. Le Bahr Salamat, qui vient du Darfour, alimente à peine le lac Iro, et il faut des années de crue exceptionnelle pour que le trop-plein des eaux du lac arrive jusqu'au Chari.

Du côté du Sud, la pente, assez forte près des rebords de la cuvette, diminue de plus en plus au fur et à mesure qu'on se rapproche du lac.

§ 3. — Forme générale du lac.

Le Tchad, dont l'altitude est de 260 mètres au-dessus du niveau de la mer, affecte sensiblement la forme d'un triangle rectangle, dont les côtés droits seraient formés par les rives occidentale et méridionale. Les travaux exécutés en 1901 et 1902 ont considérablement changé les limites marginales de la nappe liquide, telles qu'elles avaient été indiquées par les explorations précédentes (comparer les figures 1 et 3 et la planche I).

En effet, ainsi que le constate Nachtigal, « il y a impossibilité, en n'importe quelle saison, de côtoyer aisément la rive du lac, déchiquetée à chaque instant par des baies et des canaux d'effluence, rendue inaccessible en beaucoup d'endroits par des mares et des arrières cours d'eau, et sans cesse métamorphosée par les variations du niveau liquide[1]. »

C'est donc par la voie d'eau qu'il y avait lieu de procéder.

§ 4. — Divisions du lac.

On a été ainsi amené à constater que le lac était formé de trois parties pour ainsi dire distinctes : dans toute la portion méridionale, deux grandes poches, situées à l'est et à l'ouest de l'embouchure du Chari; la troisième partie, au nord du lac, de dimensions beaucoup moindres que les deux autres, se termine par un cul-de-sac arrondi et se limite au sud par une sorte d'étranglement de 60 à 70 kilomètres de largeur, formé par deux saillies convexes qui s'avancent fortement, l'une de l'est, à hauteur de Kindill, l'autre à l'embouchure de la rivière de Yô, ou Yoobé, ou Komadougou. Ces trois parties présentent des caractères absolument différents.

Dans le nord, ce sont les « eaux noires », le « N'Ki Tzilim », c'est-à-dire les profondeurs faibles, les îlots marécageux sur la rive ouest, et une ligne de petites îles allongées s'alignant de très près le long de la côte de Kanem.

La poche sud-ouest ou bornouane est la région des eaux profondes, le « N'Ki Boul » (eaux blanches et libres), aux bords fortement marécageux, couverts de roseaux, et difficilement accessibles, si ce n'est à l'embouchure des rivières. Elle s'avance très fortement au sud dans le Bornou, dont elle inonde les plaines basses.

La partie sud-est, ou du Bahr el Ghazal, présente une concavité très accentuée vers le Dagana. Les eaux y sont troubles; le long de la côte sud, s'étalent de longs bancs vaseux. C'est la région insulaire, occupée par les archipels des Kouris et des Boudoumas du sud, à travers lesquels le Bahr el Ghazal apporte ses alluvions, diminuant de jour en jour les fonds et soudant les îles.

§ 5. — Dimensions du lac.

En prenant pour bases les observations astronomiques de Vogel pour la rive occidentale, à Kouka, à Yô, et à Nguigmi, et les coordonnées de l'enseigne de vaisseau d'Huart à Djimtiloh, Mishilléla, Bougroumi, Kindill, N'guillimi et Dioléah, le lac Tchad se trouverait compris entre 12°30′ et 14°5 de latitude nord; sa longueur serait d'environ 200 kilomètres.

En longitude, il s'étend dans sa plus grande largeur à la base, de 10°55′ ouest à 12°40′ ouest, c'est-à-dire sur 180 kilomètres environ.

La superficie totale de la cuvette serait d'environ 20.000 kilomètres carrés, soit à peu près l'étendue de la Sicile.

§ 6. — Eaux du lac.

1. *Aspect.* — L'eau du Tchad présente des aspects différents suivant les fonds et suivant la saison. Dans les parties profondes, en juin, dans la poche bornouane et à l'embouchure du Chari, elle est d'une couleur jaunâtre qu'elle doit sans doute aux bancs argileux qu'elle recouvre.

Dans le Bahr el Ghazal, dans les archipels Kouris et Boudoumas, et dans la partie nord du lac, où il y a peu de fonds, l'eau a, en général, un aspect noirâtre et vaseux.

Dans les effluences, sur les bords et dans les îles où elle baigne les rives sablonneuses, elle est plus claire, sans cependant offrir une véritable transparence.

2. *Nature.* — Pendant la saison des hautes eaux, l'eau du Tchad est douce; elle ne prend une légère saveur saline qu'aux mois de mai et juin. Cette saveur s'accentue de plus en plus dans quelques parties, au fur et à mesure que l'eau pénètre dans certaines baies et canaux d'effluence et dans quelques arrières cours d'eau.

« En saison sèche, dit le capitaine Dubois, dans la marge sud-orientale du Tchad, on rencontre des étangs isolés dont l'eau a une saveur généralement saline . Même lorsque les lagunes correspondent avec le lac, il n'est pas rare que le goût salin se

[1] NACHTIGAL : *Sahara et Soudan.*

retrouve encore, tandis que les puits voisins fournissent une eau potable[1] ».

L'enseigne de vaisseau d'Huart s'exprime ainsi :

« Le fait que le Tchad crée autour de lui une série de mares littorales qui se séparent petit à petit de la masse principale par des cordons sablonneux et qui ne s'alimentent plus qu'aux hautes eaux, jusqu'à leur isolement complet et définitif, dans l'ancien bras du Bahr el Ghazal qui passe par Massa Kori et va vers le Nord-Est.

« L'eau, en filtrant dans les sables de la côte, dépose constamment des sels natronés qui finissent par saturer le sol et saler fortement les lagunes, les golfes et, en général, toutes les eaux dont l'écoulement est peu actif.

« Le natron reste surtout dans les sables de la

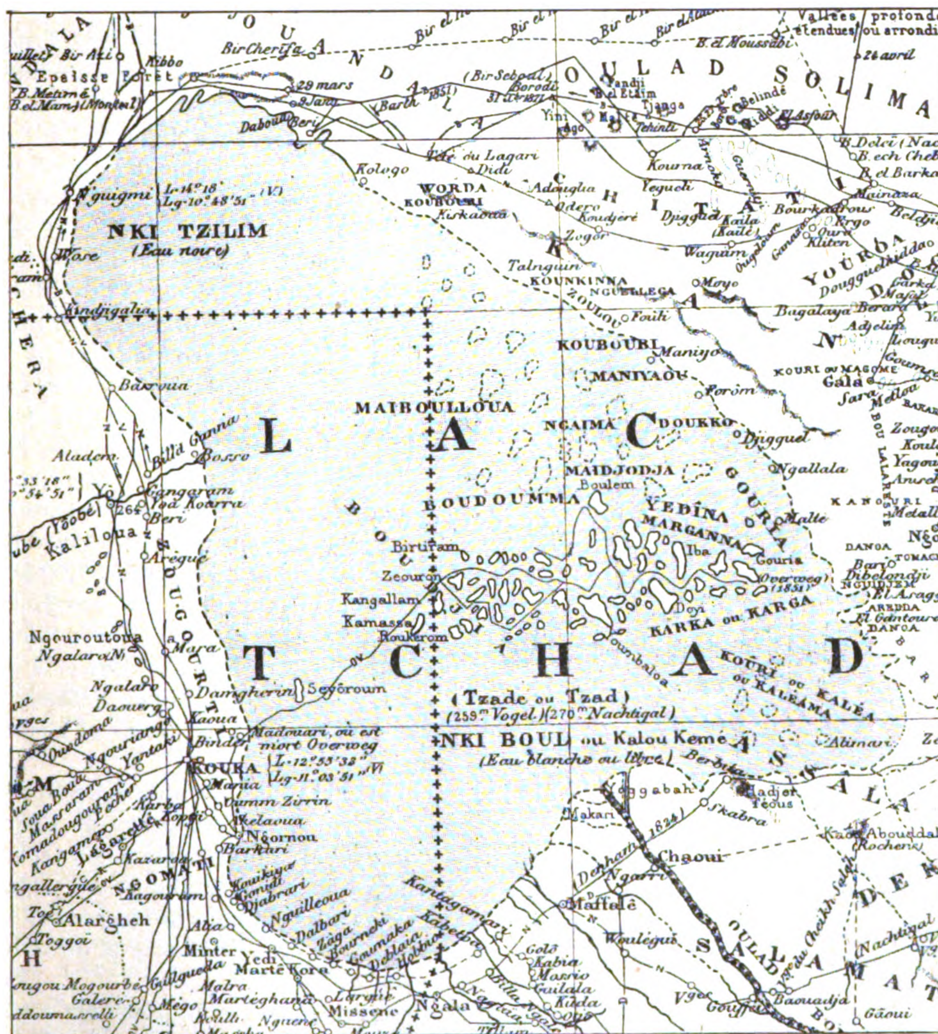


Fig. 3. — *Le Lac Tchad, d'après la carte au 1/2.000.000, révisée et complétée en 1895.*

explique à la fois et la création des nappes de natron et la douceur des eaux du lac. Le Tchad se dessale dans les mares qui, se trouvant à la périphérie, reçoivent toutes les matières lourdes en suspension entraînées par la masse des eaux[2]. »

D'après le capitaine Truffert :

« Une certaine partie de l'eau s'infiltre dans les sables du Kanem et coule souterrainement

[1] Cap. Dubois : Reconnaissance du Bahr el Ghazal.

[2] Ens. de vaisseau d'Huart : Relation inédite.

côte, et son influence se fait peu sentir sur les eaux de l'intérieur du lac. Le même phénomène se reproduit à terre. Les puits deviennent de moins en moins natronés, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte, et à N'Gouri, par exemple, il existe des puits d'excellente eau douce[1]. »

Les îles du Tchad ne contiennent pas de natron[2]; les indigènes qui s'en servent comme matière

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

[2] Au Bornou, on se sert du natron pour laver le linge et pour la fabrication du savon.

d'échange sont actuellement obligés d'aller le chercher souvent assez loin de la côte du Kanem, par suite du desséchement de la côte orientale. Un des points les plus importants où l'on en trouve, à hauteur de Kindill, sur la côte de Kanem, à Kelbouroum, est à deux jours de marche dans l'intérieur.

En raison de la douceur des eaux du lac et de la natronisation de ses bords, il semble y avoir lieu de conclure, avec le Docteur Nachtigal, que le lac n'a pas encore un caractère défini.

3. *Variations diurnes des eaux.* — Il a semblé qu'il se produisait journellement dans le Tchad un phénomène assez semblable à celui de la marée. Mais les observations faites sur un barrage d'étiage, placé à Djimtiloh pendant les mois de février, mars et avril 1902, ont permis de constater que la baisse des eaux atteignait son maximum vers le milieu de la journée et que le niveau variait avec l'intensité et la direction des vents, très sensiblement avec les alizés venus de l'est et d'une façon très peu appréciable avec les brises humides du sud-ouest.

« Il paraît logique, dit l'enseigne d'Huart, de considérer les variations diurnes des eaux comme le résultat de l'établissement de l'équilibre moyen entre l'apport du Chari et des affluents du lac, et la perte du Tchad par évaporation[1]. »

Les différences de niveau les plus sensibles sont :

	6 h. matin	Midi	6 h. soir.
25 février	10cm	0cm	5cm
17 mars (vent très fort du nord-est)	27	27	17
3 avril	10	4	8

4. *Crues.* — Le mois de décembre marque l'époque des plus hautes eaux du Tchad. Malgré l'apport considérable des affluents du lac, la crue, dans les années ordinaires, ne dépasse guère une hauteur de 1 mètre à 1m,20. Et tandis que, suivant l'expression du pays, le lac « mange sa rive occidentale », il s'éloigne de plus en plus de sa rive orientale. Près du mont Hadjer el Hamis, le recul annuel des eaux, depuis dix ans, mesuré d'après les déclarations des Assala habitant Ras el Fil, et confirmé par l'âge et la taille uniformes des arbres, a été de plus d'un kilomètre. A partir de novembre, toute la zone des rives sud et sud-ouest, plates et basses, recouverte par les inondations, devient un marécage qui s'étend parfois jusqu'à 10 kilomètres : en 1873, l'eau est arrivée jusqu'à N'Gala, au Bornou, actuellement à 30 kilomètres du Tchad.

Au nord et au nord-est, les inondations sont limitées par les hautes dunes ; sur la rive basse du Kanem, les bahrs et les cuvettes s'emplissent successivement et obligent le voyageur à s'éloigner de plus en plus du lac. La route d'hivernage et la route de saison sèche sont exactement connues.

5. *Courants.* — A son embouchure dans le Tchad, le Chari s'étale sur des bancs argileux à peine recouverts en saison sèche de 60 à 80 centimètres d'eau.

Dès qu'on veut marcher vers l'est, à hauteur d'Hadjer el Hamis, on est arrêté par une suite ininterrompue de marécages.

« Au delà d'Hadjer el Hamis, et dès qu'on s'élève vers le nord-est, on tombe dans le sillon du Bahr el Ghazal, qui présente l'aspect d'un véritable fleuve de 6 kilomètres de large, dont les rives sont nettement marquées. A hauteur du Dar Kessaguer, le fleuve se divise : le véritable lit remonte au nord, tandis que la branche orientale continue vers l'est et va se perdre dans la plaine basse de Kiourkiour, vaste marécage coupé d'îlots de vase noirâtre[1]. »

« Au nord de Mishiléla, une branche secondaire semble se diriger actuellement vers Massa Kori et vers la dépression du Bahr el Ghazal : le courant, aux hautes eaux, s'y fait encore sentir[2]. »

« La branche principale du Bahr el Ghazal, dont les bras ont une profondeur de 3m,50 à 4m,50, court à travers les îles sablonneuses des Kouris, parallèlement à la côte du Kanem et s'infléchissant de plus en plus vers l'ouest, jusqu'à la convexité de Kindill. Il en est ainsi jusqu'à Matakeh, où le Bahr paraît s'infléchir au sud-ouest et s'élargir de plus en plus[3]. »

Le Bahr el Ghazal semble donc être la continuation dans le Tchad du cours du Chari, dont les débordements alluvionnaires sur ses deux rives ont déterminé la formation de ces plateaux vaseux qui augmentent chaque année par suite de la diminution de la crue du fleuve et de la force de son courant.

La convexité de Kindill semble attester, par sa forme si accentuée, que le Bahr el Ghazal, parvenu au terminus de son cours, a perdu sa puissance d'érosion devant ce vaste promontoire.

Il est à présumer que, par analogie, le même phénomène doit se produire à l'embouchure du Komadougou, dont les alluvions ont produit sur la rive orientale la convexité de Bosso, en face de Kindill.

6. *Vents régnants.* — Dans la zone du Tchad, l'hivernage, c'est-à-dire la saison des pluies, dure

[1] Enseigne de vaisseau d'Huart : Relation inédite.

[1] Cap. Dubois : *Reconnaissance du Bahr el Ghazal.*
[2] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*
[3] Enseigne de vaisseau d'Huart : Relation inédite.

du commencement de juillet à la fin d'octobre.

Le vent régnant pendant cette saison est la mousson du golfe de Guinée, c'est-à-dire les vents humides du sud-ouest. Les vents d'ouest marquent le commencement de l'hivernage.

De décembre à mai, les vents viennent en général du nord-est et du nord, parfois très violents. « Ils créent un vrai ressac à l'embouchure du Chari; les vagues atteignent $0^m,70$.

« Le vent fraîchit à mesure que le soleil monte, et diminue dans l'après-midi ; les jours de calme, la brise vient de l'ouest.

« De mars à mai, les brises du nord-est sont plus faibles : c'est le bon moment pour naviguer.

« Dans le courant de mai, s'établissent les brises du sud-ouest, qui, sans atteindre la violence des vents d'est, sont peut-être plus dangereuses, par la houle qu'elles amènent. C'est la caractéristique des vents de cette région.

« Cette houle qui succède aux brises d'ouest semble confirmer que c'est bien dans les régions du sud et du sud-ouest que se trouvent les bahrs les plus larges, les fonds les plus considérables, tandis que le lac s'établit plat presque instantanément après les coups de vent du nord-est, pourtant beaucoup plus violents[1]. »

Les mois de mai, juin et juillet marquent donc la période pendant laquelle la navigation sur le Tchad est difficile et parfois dangereuse.

L'enseigne de vaisseau d'Huart décrit ainsi les difficultés qu'il rencontrait dans la navigation au moment où, ayant quitté les îles Kouris pour rejoindre l'embouchure du Chari, il atteignait les îles basses et non habitées :

« Le 7 juillet 1902, le temps paraissait beau; l'ordre du départ était donné. Un premier coup de vent forçait à relâcher derrière l'îlot du Commandant[2]. Pressé par la date du retour, on profitait de la première embellie pour repartir. Vers une heure, la brise devenait de plus en plus fraîche; obligé de se tenir debout à la lame, le vapeur s'éloignait de plus en plus vers le large, les fonds atteignaient plus de 5 mètres et les lames de 50 à 60 centimètres. Le vapeur donnait de très forts roulis; la paillote, mal fixée, butait contre la cheminée, un accident était possible. Il fallait revenir vent arrière vers le sud et chercher une mer moins forte sur les bancs qui s'étendent au large d'Hadjer el Hamis. Le bateau passait heureusement le vent de travers entre deux risées et gagnait les bancs de $1^m,10$ à $1^m,20$ où l'on mouillait. Le chaland était abandonné et la route reprise en coupant les bancs, l'équipage hâlant le vapeur à la cordelle quand les fonds étaient insuffisants pour l'hélice. La passe de Djimtiloh était ainsi gagnée paisiblement à 6 heures du soir, mais sans avarie. Le chaland revenait dans la nuit[1]. »

Les vents d'ouest et du sud-ouest, qui ont passé sur les forêts tropicales, chargés d'humidité, amènent en général la malaria pour les Européens, et les maladies endémiques pour les indigènes.

Les vents du nord et du nord-est, qui ont passé sur les sables du désert, sont sains et toniques, aussi bien pour les blancs que pour les noirs.

Les eaux du lac atteignent leur maximum en novembre.

III. — Affluents du lac.

§ 1. — Distributions et apports.

Le Tchad ne reçoit d'affluents que de l'ouest et du sud. Le désert et les plateaux sablonneux du Kanem ne lui fournissent aucun contingent.

Le principal affluent du Tchad est le Chari, qui vient du sud et reçoit sur sa rive droite les faibles affluents du Bangoran et de l'Aouka Débé; à gauche, le Bahr Sara et le Logone, d'une largeur égale à la sienne, lui déversent en toute saison un volume d'eau considérable.

A Fort-Lamy, au confluent du Logone, on estime la largeur du Chari à une moyenne de 900 à 1.000 mètres avec une profondeur moyenne de 2 mètres; ses crues sont de 4 à 5 mètres en général.

Nachtigal estime à 60 kilomètres cubes l'apport liquide annuel du fleuve dans le lac, tandis que la contribution des pluies et des autres affluents secondaires n'est que de 40 kilomètres cubes.

Par la direction finale de son cours et celle des bras de Makary et du Sorbéouel, le Chari déverse le plus gros appoint de ses eaux dans la partie sud-ouest du lac, c'est-à-dire dans la poche bornouane. Aussi on n'y voit point d'îles; on y trouve les plus grands fonds, allant jusqu'à 10 et 12 mètres, et la nappe liquide y gagne de jour en jour du terrain : Kouka (complètement détruite par Rabah) dut, dit-on au Bornou, être rebâtie deux fois pour ne pas être submergée.

A droite de l'embouchure principale, le bras de Méhara, qui passe à Djimtiloh, les anciens bras presque desséchés de Ciré et de M'Brémé, n'apportent plus qu'un très faible tribut annuel dans la partie sud-orientale, amenant graduellement la diminution du réseau aquatique et l'émergement des îles.

Au fond de la concavité de la poche bornouane,

[1] Enseigne de vaisseau d'Huart : Relation inédite.

[2] Ainsi nommé parce qu'il avait servi de mouillage lors du premier voyage du *Leon Blot* dans les îles et qu'on y avait laissé un fanion comme point de repère.

[1] Enseigne de vaisseau d'Huart : Relation inédite.

se déversent les eaux de deux rivières venant toutes deux du sud et apportant un volume d'eau assez important en hivernage. En raison de la faible pente du terrain depuis le massif du Mandara jusqu'au lac, ces deux rivières inondent toutes les plaines bornouanes au sud du lac et les fertilisent en y apportant les alluvions du versant nord du Mandara. En hivernage, elles y rendent la circulation presque impossible en dehors des étroites chaussées ménagées par l'industrie des habitants pour leurs cultures. Mais, en saison sèche, le manque d'eau, joint aux crevasses du terrain, y rend la marche pénible pour le voyageur isolé, et difficile en groupe. Tels sont les marais du Balgué, infranchissables pendant l'hivernage.

La rivière de N'Gala, que Nachtigal désigne sous le nom de komadougou (rivière) de « Gambarou », tire son nom de la ville de N'Gala, à l'est de laquelle elle coule avant de se déverser dans le Tchad, à 30 kilomètres. Elle a ses sources dans les marais situés au pied du Mandara, et, certaines années, communique pendant les hautes eaux, par un de ses affluents, avec le Logone, sur lequel il s'embranche entre Adimassa et Daresso, villages Mousgou du Logone, sur le parallèle de Bousso (poste du Chari). La rivière de N'Gala a de l'eau en toute saison et mesure en moyenne 28 mètres de large et 1^m,50 de profondeur. Elle attire sur ses bords les tribus arabes du Bornou et en particulier les Salamat.

Le Yadjouarame, appelé par Nachtigal le komadougou M'Boulo, coule à 10 kilomètres à l'ouest de N'Gala, et a son embouchure à quelques kilomètres de celle de la rivière de N'Gala. Il reçoit à gauche la rivière d'Alo. En hivernage, ces deux rivières produisent des débordements considérables dans les plaines plates et basses. Depuis août à septembre, les marais d'Alo sont infranchissables; Dikoa est difficile à aborder. Au commencement de septembre 1901, une dérivation du Yadjouarame s'est produite sur Dikoa, a envahi une partie de la place du marché, et a obligé les habitants à lui creuser un lit pour contenir et diriger le courant, sous peine de le voir envahir la ville.

Sur la route de Dikoa à N'Gala, et à 10 kilomètres à l'est, la traversée de la rivière de N'Gala exige des dispositions spéciales au pays et qui offrent une particularité intéressante. En hivernage, le courant est extrêmement rapide; la largeur de la rivière est de 50 à 60 mètres, et la profondeur de 3 mètres. Les passeurs du village ont construit des radeaux avec des faisceaux de tiges de maréa ou ambatch, qu'ils remorquent en les poussant vigoureusement à la nage. Les mêmes dispositions sont prises au Baguirmi pour la traversée du Ba-Illi, en hivernage. En mai, le Yadjouarame n'a plus que très peu d'eau.

On retrouve à Dikoa la couche de natron signalée sur la rive marginale du Tchad du côté du Kanem.

Au commencement de l'hivernage, en août 1901, l'eau des puits de Dikoa, à l'exception d'un seul, avait une saveur saline très désagréable qui ne disparut qu'à la suite des pluies, à la hausse des eaux.

Le contingent apporté par ces deux rivières et quelques autres petits ruisseaux sans importance dans la poche bornouane du lac, n'est donc pas très considérable.

Le seul affluent que le Tchad reçoive à l'ouest est le Komadougou Yoobé, ou rivière de Yô, qui tire son nom de la ville de Yô, située non loin de l'embouchure et qui est le principal centre de tout le district de l'ouest.

Le Yoobé a ses sources dans les montages de la région Haoussa. Nachtigal donne à son cours une longueur en ligne droite de 600 kilomètres.

Le capitaine Dangeville, qui l'a traversé à la fin de novembre 1901, à Kessaoua, à 5 kilomètres à l'est de Yô, et l'a vu dans l'ouest à Foga, à Gaschguer, à Doutchi, estime qu'à cette époque le Yoobé ne pouvait pas être passé sans le secours de pirogues : sa largeur était de 80 à 100 mètres, et sa profondeur supérieure à 2 mètres.

En juin, le fleuve est presque à sec; il n'y a qu'un chapelet de mares.

§ 2. — **Influence des apports.**

Cette enquête rapide sur la valeur de l'apport des tributaires du Tchad confirme l'opinion émise au début que le Chari est le principal nourricier du Tchad. L'examen du sol, les renseignements recueillis s'accordent à prouver le desséchement des parties sud-orientale et orientale du lac. Vers le nord-est, le lac se retire également et les Bredjias émigrent actuellement pour se fixer dans les îles avancées.

S'il est permis de conjecturer l'avenir d'après les témoignages du passé et la constatation du présent, on est fondé à penser que la partie sud-orientale du lac continuera à se dessécher, que l'archipel Kouri, émergeant de plus en plus, continuera à se souder à la rive du Kanem, avec laquelle il présente des caractères identiques.

Au dire des habitants, les pluies deviennent chaque année moins abondantes dans la zone du Tchad; les apports du Chari et du Yoobé diminuant sensiblement, il s'ensuivrait qu'actuellement la partie nord et nord-est du lac tendrait de plus en plus à se restreindre, ainsi que le constatent les habitants depuis vingt ans.

Enfin, le caractère vers lequel tendrait lentement et définitivement le Tchad, serait de se réduire à une profonde vasque occupant la partie

sud-ouest qui confine au Bornou, où se trouvent les grands fonds et dans laquelle le Chari déverse la plus grande masse de ses eaux et les rivières issues du Mandara apportent leur contribution.

IV. — Le Bahr el Ghazal.

Si l'on admet que le Tchad peut être considéré comme le prolongement du Chari, il est permis de supposer que le grand courant fluvial du Bahr el Ghazal que nous avons mentionné précédemment, et la grande vallée terrestre qui le prolonge pendant plus de 500 kilomètres vers le nord-est (fig. 2), n'est autre chose que la branche orientale du fleuve aujourd'hui desséchée.

Quand on cherche à dégager les caractéristiques des pays de la rive droite du Chari, un fait ressort immédiatement : c'est que, depuis la réunion, vers le 8°40′, des deux artères qui le forment, — le Gribingui et le Ba-Mingui, — aucun affluent de droite ne lui apporte un afflux constant. Les deux grands tributaires, le Bahr Salamat et le Batha, s'arrêtent l'un au lac Iro, l'autre au lac Fittri, respectivement à 150 et 250 kilomètres de la rive du Chari.

Près de l'embouchure, on trouve, à partir de Fort Lamy, le lacis des sillons de son ancien deltà, qui, en hivernage, ne forme plus aujourd'hui qu'un chapelet de mares, que le commencement de l'été dessèche. Les deux principaux sont la M'Brémé et le marigot de Ciré, dont les embouchures ont formé les golfes de l'Hamis et de Guénouma.

Dans tous les pays de l'est, au Bled el Kouti, chez le sultan Senoussi, au Dar Rounga, sur les rives du Bangoran et de l'Aouka Débé, on rencontre des centaines de mares plus ou moins considérables[1], suivant l'époque de l'année et la quantité des pluies tombées en hivernage. Ces pays semblent fort plats; aussi les pentes très faibles empêchent-elles l'écoulement des eaux.

D'un avis unanime, d'ailleurs, les informateurs venus du Ouadaï, du Dar Rounga, de N'Délé, affirment que, depuis cinquante ans, les pays de l'est se dessèchent chaque année; les pluies y sont plus rares, et les tornades sèches y sont plus fréquentes et plus violentes, chassant les nuages vers le Bornou et les pays Haoussa.

Denham, qui, en 1823 et 1824, a exploré le Bornou et la rive sud du Tchad, rapporte ainsi les déclarations du chef du Dagana :

« Tahr, chef du Dagana, me dit que le Tchad s'écoulait autrefois dans le Bahr el Ghazal par une rivière dont le lit séché se voyait encore : il est couvert de pâturages et ombragé de grands arbres, et situé entre N'Gossom et Kangarah ; il est habité par des Kanembous Ouadayis.

« Dans sa tendre jeunesse, Tahr avait entendu dire à son grand'père que le Tchad se perdait graduellement dans un marécage immense ou plutôt dans un lac qui aujourd'hui est entièrement à sec.

« La largeur du Bahr el Ghazal était autrefois d'une journée de route.

« Tahr dit encore : Tout le monde pense que les débordements du fleuve diminuent tous les ans, quoique d'une manière presque imperceptible. »

Examinant les causes du desséchement du Bahr el Ghazal, Nachtigal s'exprime ainsi : « On a voulu attribuer ce phénomène à la formation d'un barrage de dunes interceptant les communications avec le lac Tchad; mais, même sans cette hypothèse, la cessation de l'écoulement s'explique par des causes ordinaires, à savoir des niveaux médiocres de l'onde lacustre, et des modifications insensibles dans la partie est de la coupe »[1].

« Si l'on considère, dit à son tour le capitaine Dubois, le point d'aboutissement du grand lac formé par la Méhara et la M'Brémé en aval d'Ouolé. on est amené à conclure que l'histoire du desséchement du Bahr el Ghazal n'est autre que celle du déplacement vers l'ouest d'un réseau de canaux dont l'existence et la formation résultent des formes plissées du terrain.

« Le desséchement du lac a dû d'abord être périodique, c'est-à-dire que le large lit devait cesser d'être alimenté par les eaux du réseau en saison sèche et se remplir de nouveau en temps de crue; puis, à partir d'un certain moment, une modification plus importante s'est produite dans le régime des eaux, par suite de l'existence manifeste d'un seuil entre Homerom et Massa Kori. Il semble que l'époque à laquelle cette limite a été atteinte soit à peine postérieure à celle qui a vu la zone d'action du réseau subir un accroissement considérable par suite de l'inondation d'une partie du Bornou. Depuis lors, même en temps de crue, les eaux n'ont pas dépassé Massa Kori »[2].

Nachtigal rapporte, en effet, qu'en 1870, année qui fut très pluvieuse, le Bahr el Ghazal se remplit d'eau sur un espace de plus de 100 kilomètres, ce qui fit croire aux riverains qu'il allait de nouveau inonder le Bodélé.

« Cette même année, d'après Daouda, chef des Kalis, la crue du Chari atteignit une hauteur inaccoutumée; le Dagana fut inondé et les eaux du lac arrivèrent jusqu'à Zoul ou Massa Kori, et Daouda put faire en pirogue le trajet de Massa Kori à Goulfei, par Kerandam, Leleah, Djerob, Tégaga,

---

[1] Appelées *Rahat*.

[1] *Sahara et Soudan*.
[2] *Reconnaissance du Bahr el Ghazal*.

Méloui, Toouilé, Birem, Massouah, Keloua, Guerom, Rickrom, Saguéré, Assaia, Matchiffa, Kérel Amdéhéné, Agodi, Chaoui[1] ».

La plupart de ces villages signalés par Daouda n'existent plus. Ils ont été détruits ou ont disparu en raison des charges que leur imposaient annuellement le passage des corps de cavalerie bornouane qui allaient opérer dans le sud du Kanem, et les razzias exécutées par les bandes rabhistes, depuis la conquête du Bornou et la création de Dikoa par le sultan Rabah.

Zoul, ou Massa Kori, installation principale des Arabes Dagana, présente tous les caractères des îles du Tchad ; on trouve actuellement, à 1 kilomètre environ au nord et au sud du village, la trace des sillons aquifères qui disparaissent peu à peu vers le nord et se remplissent de mares en hivernage.

Dans ces sillons sont creusés les puits[2] en saison sèche (profondeur moyenne, 2^{m},50). Le sol noirâtre témoigne des dépôts d'alluvions du Tchad.

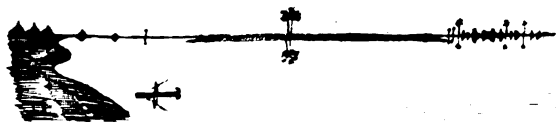


Fig. 4. — *Le Bahr el Ghazal au nord de Bérirem.*

La vallée du Bahr el Ghazal, qui se dirige vers l'est jusqu'à Massa Kori, se redresse vers le nord-est à partir de ce point, pour suivre ensuite sensiblement la direction du nord (fig. 2).

Mal définie près de son entrée dans le Tchad, par suite des apports alluvionnaires et du manteau de verdure, elle commence à devenir plus nette à partir de Tégaga et à se dégager complètement à partir de Tégaougou. Au nord de Massa Kori, à partir des puits d'Aboudoukane, la vallée s'élargit jusqu'à 1 ou 2 kilomètres; les flancs s'élèvent jusqu'à 10 mètres de hauteur; vers Mézérac, Tororo et Arama, la vallée s'élargit encore et envoie, à l'est et à l'ouest, de nombreuses ramifications et de grands bras latéraux aussi importants que la vallée principale, et en présence desquels le choix du voyageur reste indécis.

Cet immense oued se prolonge jusqu'à 500 kilomètres environ vers le nord, jusqu'à Toundjour, puis tourne à l'ouest pour finir en s'étalant dans les larges plaines du Bodélé, entre l'Egueï et le Borkou.

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

[2] La mouche tsé-tsé a fixé son habitat pendant l'été contre les parois de ces puits et pique, dit-on, les animaux quand ils viennent boire.

Actuellement, le Bahr el Ghazal ne correspond avec l'Egueï; il en est séparé par une plaine plus plus haut située et semée d'éminences nombreuses dont la traversée demande deux jours et demi de marche (environ 60 kilomètres).

Ces vastes territoires s'étendant du Tchad au Borkou, y compris le Kanem, avec les larges dépressions de l'Egueï, du Bodélé et du Bahr el Ghazal, semblent n'avoir été autrefois qu'une immense lagune, d'où émergeaient les îles et les surfaces habitées et que le Bahr el Ghazal alimentait ; elles se sont desséchées; dès que le fleuve a cessé de leur fournir l'appoint de ses eaux, les sédentaires les abandonnèrent et se fixèrent au Borkou et sur les bords du Tchad, et elles ne furent plus parcourues que par les nomades.

Mais, si les vallées du Bahr el Ghazal, de l'Egueï et du Bodélé ne sont plus arrosées à ciel ouvert par les eaux du Tchad, tout porte à croire qu'il se produit un écoulement souterrain par infiltration, qui remplit les puits et alimente les mares de ces immenses dépressions, dont le niveau en beaucoup de points est inférieur à celui du lac.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne du Tchad sur les chemins conduisant vers Massa Kori, la profondeur des puits diminue et passe de 4 mètres à 2^{m},50. En descendant vers le nord dans la vallée, elle n'est plus que de 1^{m},75 à Karanoua, de 1 mètre à Mézérac, de 0^{m},50 à Tororo; puis, à Arama et à Aradit, l'eau est au niveau du sol et s'étale dans une immense mare de plusieurs kilomètres de longueur à hauteur de Mondo. Près d'Adiadié, à hauteur de Maô, on trouve l'eau en creusant légèrement le sol, et, en continuant vers le nord jusqu'à Toundjour, on rencontre de nombreux puits sans profondeur et des mares dont l'importance varie avec l'abondance des pluies de l'hivernage, mais qui ne tarissent presque jamais[1]. Au nord et à partir des puits de Birkiat, la vallée du Bahr el Ghazal change de caractère. Elle s'élargit et ses bords deviennent plats. La verdure s'y fait de plus en plus rare ainsi que les points d'eau. Elle n'est plus fréquentée qu'en hivernage par les Naouanda. Lorsque, à Kourri Torrao, elle tourne vers l'ouest pour s'étaler dans le Bodélé, elle présente tout à fait l'aspect des régions désertiques; l'eau y fait souvent défaut et les nomades l'ont complètement abandonnée.

Les grands bras latéraux qui se détachent du Bahr el Ghazal sont dans les mêmes conditions que

[1] C'est une ressource précieuse pour les nomades, qui, d'ailleurs, y font des cultures et installent des villages de captifs au moment des travaux.

En 1902, les tribus Chérédad et Djébair, des Oulad Sliman, s'y sont établies en permanence, ainsi que quelques fractions de Touareg Kel-Gheris du chef Abd el Kader, et y ont fait d'importantes cultures. On y a même récolté un peu de riz autour des mares.

la vallée principale [1]. Au puits d'Erraya, chez les Sakerda, débouche une vallée secondaire des plus importantes par sa richesse en eau et parce qu'elle sert de voie de communication directe entre Abéchr, capitale du Ouadaï, et le nord du Kanem (Maô, Bir Alali, etc.) Entre Erraya et Bir Alali, les deux gîtes d'étapes sont les puits de Chekkaraya et la station aquifère de Ouarak, ou Ourak, qui par ses ressources se prête aux rassemblements des nomades, et où récemment se sont réunis les représentants du Mahdi au Ouadaï et au Kanem et leurs partisans, ainsi que plusieurs chefs Touareg importants.

Aussi le Bahr el Ghazal, avec ses richesses en eau, en pâturages, ses bois de haute futaie, ses brousses verdoyantes, est-il toujours le rendez-vous obligé de tous les nomades pasteurs de ces régions, Dagana, Kréda, Oulad Hamed, Sakerda, Noréa, Oulad Rachid et Oulad Sliman du nord-est du Kanem. Les eaux y sont douces, et il n'est pas rare de rencontrer sur les bords des mares des coquillages et des débris de poisson.

V. — L'Hadjer el Hamis.

Sur le territoire des Arabes de la tribu des Assala, et à une quinzaine de kilomètres environ à l'est de l'embouchure du Chari, se dresse, sur la marge méridionale du Tchad, le dernier témoin de montagnes disparues, dans la cuvette même du lac.

Le curieux rocher d'Hadjer el Hamis, dont le nom signifie « montagne de l'eau dormante », se compose dans son ensemble de cinq pointes, dont la plus élevée a environ 90 mètres, et les autres une hauteur de 40 mètres environ. Le rocher, qui domine toute la plaine basse environnante, est visible des îles sud des Kouris et sert de guide aux navigateurs qui se dirigent suivant l'alignement de ses cinq pointes.

La plus élevée des pointes a la forme d'un cône de 300 mètres environ de base ; on jouit du sommet du cône d'une vue très étendue sur les eaux et la plaine.

« Le rocher est formé de prismes superposés qui lui donnent des aspects très pittoresques. Un des plus curieux est le portique de l'aiguille nord-est, dont l'arche a une hauteur de 10 mètres et une largeur de 5 mètres. Cette arche, tournée vers le Tchad, forme l'entrée d'une sorte de cour intérieure utilisée par les nomades. D'autres anfractuosités, en forme de cintres ou d'ogives donnant l'aspect de soupiraux ou de fenêtres, se remarquent dans les autres aiguilles.

« La teinte extérieure du rocher est rosée, avec quelques coulées bleues [1] ».



Fig. 5. — *Les pitons de l'Hadjer el Hamis, vus de Bérirem.*

D'après l'analyse des échantillons faite par le Lieutenant Lacoin au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, le rocher d'Hadjer el Hamis est formé de dykes disloqués de porphyre quartzifère.

VI. — Iles du Tchad.

Jusqu'en 1901, on ne possédait que des notions incomplètes sur les îles du Tchad ; les renseignements fournis par les indigènes étaient des plus incertains, et la relation d'Overweg a été reconnue erronée sur plusieurs points. La carte publiée par cet explorateur donne une disposition inexacte des divers archipels et de leur orientation.

« La situation exacte de ces îles, écrit Nachtigal, demeure des plus incertaines. »

Les explorations et les travaux exécutés en 1901 et 1902 ont permis de constater l'existence de trois cents îles environ, dont 80 sont habitées, toutes s'échelonnant le long des rives françaises du Kanem à une distance variant de 3 à 5 kilomètres de la terre.

[1] A hauteur et exactement dans la direction de l'Est de Bir Alali, la vallée latérale qui s'approche le plus de ce centre important est la vallée de Haddara, dont la tête est à 50 kilomètres environ de Bir Alali. Cette vallée, visitée à son extrémité par le lieutenant Duperthuis, semble peu fertile ; l'eau et la végétation y sont rares ; le sol présente un aspect blanchâtre qui est la caractéristique des terres magnésiennes.

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

§ 1. — **Division des Archipels.**

Les îles du Tchad peuvent se diviser en trois catégories :

1° Les îles hautes ou îles habitées;

2° Les îles d'altitude moyenne ou îles de pâturages ;

3° Les îles basses ou îles en formation.

1. *Iles habitées.* — Ces îles sont les plus anciennes ; elles présentent des dunes qui atteignent quelquefois 15 mètres, comme à Kiribou, Mishiléla, et vers Kanassarom ; elles sont cultivées; certaines étaient à l'origine très boisées, mais les arbres sont détruits par les habitants pour leurs besoins. Ce sont sur ces îles que sont en général construits les villages, par groupements de cases plus ou moins nombreuses. C'est principalement au nord et à l'est de Mishiléla, vers Kanassarom et Kindill, c'est-à-dire vers le promontoire du Kanem, que l'on rencontre les îles à hautes dunes. Ce sont les îles occupées par les Kélouas, et dont quelques-unes sont encore très boisées.



Fig. 6. — *Poste de Mishiléla (Tchad).*

Les îles sont en général très allongées. Les plus grandes ont de 12 à 14 kilomètres de longueur et une largeur de 4 à 5 kilomètres au maximum.

Les bras d'eau qui séparent les îles atteignent souvent une largeur de 4 kilomètres et présentent, dans les parties sud-est et nord-ouest, des passages resserrés de 200 à 300 mètres de largeur et de 1 à 2 mètres de profondeur : des communications faciles s'établissent à travers ces gués.

2. *Iles moyennes ou Iles de pâturages.* — Ce sont les îles dont l'altitude ne dépasse pas 7 à 8 mètres et sur lesquelles les couches alluvionnaires ne sont recouvertes que d'une couche de sable encore peu épaisse. La végétation arborescente y est souvent rare, bien qu'elle soit encore peu exploitée : elles servent de réserve de pâturages pour les troupeaux, dès que les herbages de la bordure marginale des îles habitées ne suffisent



Fig. 7. — *Bahr de Madiguil et île basse du Tchad.*

plus à la nourriture des troupeaux de bœufs.

Ces îles ont la même forme allongée que les précédentes et ont une longueur maxima de 5 à 6 kilomètres, sur une largeur de 1 à 2 kilomètres, en moyenne.

Telles sont les îles des Kraouas, une partie des îles des Kalis et quelques îles des Boudoumas du sud, et, au nord de la presqu'île de Kindill, une partie de l'archipel des Bredjias.

3. *Iles basses*. — Les îles basses sont des bancs de vase formés par les dépôts d'alluvions des divers tributaires du Tchad, autour d'un noyau plus ou moins solidifié et qui, aux basses eaux, émergent en moyenne de 1m,50 de hauteur (fig. 7). Leurs dimensions sont très variables : si l'on trouve dans la poche sud-est des bancs d'une étendue considérable, on constate de petits îlots de 300 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur vers les Karkas et chez les Kalis, au large du pays des Boudjias du sud et le long de la côte des Boudoumas du nord, chez les Bredjias et les Boudjias.

La côte occidentale et la partie nord sont parsemées d'une traînée d'îlots bas et vaseux qui dérobent la vue du lac ; ils sont couverts de roseaux dans lesquels se cachaient les Boudoumas lorsqu'ils venaient razzier sur la rive bornouane et qui servent de refuge aux hippopotames, aux rhinocéros et aux caïmans.

Dans le noyau central qui a émergé lentement, on trouve un bouquet de roseaux et parfois deux ou trois arbrisseaux dont les grains ont été apportés par le vent ; autour du noyau central, une couronne d'herbes plus ou moins large, et enfin une large zone de vase à peine recouverte de sable qui rend l'abordage très difficile.

Ce sont les îles nouvellement émergées. Comme elles ne sont point visitées, les oiseaux pêcheurs les choisissent de préférence pour y faire leurs nids.

§ 2. — **Formation des îles.**

Les deux principaux agents de formation des îles du Tchad sont : 1° le Chari et les tributaires du lac, 2° les vents du nord et du nord-est.

Les apports alluvionnaires du Chari n'ont jamais cessé de former des bancs de vase, dont l'étendue, principalement dans la partie orientale du lac, n'a fait que s'accroître avec le desséchement constaté vers la côte du Kanem. Les bancs ont successivement émergé et se sont exhaussés au fur et à mesure que la végétation herbacée les a aidés à se solidifier.

C'est à ce moment que s'est produite l'action des grands vents du nord-est, qui s'établissent vers la fin de l'hivernage et durent pendant presque toute la saison sèche. Les sables chassés des dunes du Kanem viennent recouvrir l'humus des îles, augmentant sans cesse leur relief et apportant avec eux les graines d'arbustes qui parviennent à prendre racine et à pousser.

§ 3. — **Orientation des îles.**

L'action continue du courant du Chari et des vents du nord-est a eu pour conséquence de déterminer d'une façon constante la forme et surtout l'orientation des îles du lac.

Toutes les îles sont invariablement orientées du sud-sud-est vers le nord-nord-ouest, et elles ont toutes une forme allongée de même que les canaux latéraux qui les séparent.


Fig. 8. — *Dune envahissante de Mishiléla.*

Le Kanem, qui n'est composé que d'une succession de plateaux sablonneux et de cuvettes ou ennedi, ou enneri, présente exactement les mêmes dispositions.

Tous les vals ou enneri ont invariablement la même orientation.

§ 4. — **Nature du sol.**

Le sol des îles est composé d'un fond de vase et d'humus, recouvert d'un manteau de sable fin mélangé de silice et d'alumine, d'aspect gris rougeâtre sur la marge qui est baignée par l'eau du lac, et où poussent les herbes. Le sable est mêlé d'une grande quantité de coquillages qui donnent à la terre une certaine fertilité ; elle convient d'une façon particulière à la culture du mil.

« En partant du bord de l'eau, et en remontant vers le sommet des dunes, les plantes s'étagent dans l'ordre suivant : roseaux, papyrus, maréa, asclépiades, sesbanies, hyphènes, acaciers et jujubiers[1] ».

§ 5. — **Iles boisées.**

Les îles les plus boisées se trouvent chez les Kélouas, au nord et à l'est de Mishiléla. Sur les hautes dunes apparaissent de grands bois, à Tubsi, NGouiga, Madiguil ; mais toute la côte du Kanem offre des ressources pour le ravitaillement en bois du vapeur, et d'une façon générale on trouve à faire du bois chaque jour. Les essences les plus connues sont tous les épineux de la zone désertique : mi-

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

mosas, jujubiers, etc. L'acacia sajal et l'acacia wereck, très nombreux, pourraient donner lieu à une certaine exploitation.

§ 6. — **Rattachement à la terre ferme et soudure des îles.**

Il est aisé de constater les effets du dessèchement de la partie sud-est du lac et du courant du Bahr el Ghazal.

Les îles se rattachent de plus en plus à la terre ferme, et il se produit un travail lent de soudure, qui a pu être observé exactement en certains points, et que le capitaine Truffert décrit de la façon suivante :

« 1° Dans le groupe de Meleah et de Mishiléla, les deux îles ont été longtemps séparées par un canal orienté suivant la direction du Bahr el Ghazal; puis elles se sont soudées ensemble par un isthme terminal provoqué en partie par les alluvions qui se sont déposées du côté oriental de Meleah et par les sables poussés vers la partie orientale à Mishiléla, changeant le canal en un grand golfe profond. Le même phénomène s'est produit dans le groupe des îles N'Ga et Delaa, mais la soudure s'est faite au milieu du canal.

« Le groupe Ouom et Ibrom représente la soudure des deux îles orientées suivant le canal.

« Le lac d'Irdou provient de l'ensablement d'un canal qui s'est bouché aux deux extrémités.

« Les presqu'îles de No et de Dbia étaient des îles qui se sont rattachées à la terre ferme par la partie nord[1]. »

En se rattachant à la terre, les îles ont formé des baies, sortes de canaux s'avançant très loin dans les terres, très allongés, et qui donnent principalement à la côte orientale cet aspect profondément déchiqueté, et obligent les voyageurs qui suivent les bords du lac à faire de grands détours sur la terre du Kanem.

VII. — Pluies[2]. Température.

D'après les constatations faites par le Capitaine Truffert à Berirem, en mai 1902, la température

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*
[2] En 1900 et 1901, il est tombé peu d'eau dans le Bas-Chari. L'hivernage a fini en octobre.

prise à l'ombre et dans un endroit aéré était en moyenne :

27° à 6 heures du matin, 38° à midi, 35° à 6 heures du soir, 32° à 8 heures du soir.

D'après les observations faites par le lieutenant Lacoin à Mishiléla, la saison sèche au Tchad[1] durerait du mois d'octobre au mois de juin; il ne tomberait de pluie que pendant les trois mois d'été.

« J'ai traversé pour ma part les mois d'avril, mai et juin 1902, à Mishiléla, et je n'ai vu tomber la pluie que trois ou quatre fois dans ce dernier mois.

« La température du 13 avril au 15 mai atteignait presque chaque jour 38 ou 40° à l'ombre, 42° aux environs du 15 avril dans une case bien ventilée, et 45° dans les cases n'ayant pas de fenêtres. Les nuits elles-mêmes étaient très chaudes et fort pénibles en avril, et quand, par extraordinaire, le thermomètre descendait à 28° à 9 heures du soir et 26° à 6 heures du matin, on pouvait se féliciter de la fraîcheur de la nuit[2]. »

Avec les pluies de juin, le thermomètre descend à 5° environ.

Vers le mois de décembre, la température baisse d'une façon très sensible, et, vers le commencement de janvier, la moyenne est de 28 à 30° dans la journée, et de 8 à 10° dans la nuit. Les Européens doivent être munis de couvertures de laine et se vêtir chaudement dès le coucher du soleil et jusqu'à 8 heures du matin.

Les indigènes ne font pas usage dans cette saison de couvertures de laine : aussi les cas de dysenterie sont-ils fort nombreux parmi les populations lacustres et les habitants du Kanem. Cependant, les chefs et les gens riches se couvrent d'un manteau de peau de bœuf.

Dans un deuxième article, nous étudierons les habitants, la flore et la faune des îles du Tchad et de ses bords.

Lieutenant-Colonel Destenave.

[1] Au Bornou, la saison des pluies se prolonge jusqu'à la fin d'octobre. Le mois d'octobre 1901 a été particulièrement pluvieux : toute la plaine entourant Dikoa était transformée en un immense marais.
[2] Lieutenant Lacoin : Relation inédite.

LES MANIFESTATIONS CHIMIQUES DE LA VIE VÉGÉTALE

Quand on examine un être organisé, avec ses facultés d'assimilation, de désassimilation, de reproduction, on est immédiatement conduit à se demander quelles sont les relations existant entre la matière qui constitue ses tissus ou emplit ses cellules et cette chose à la fois mystérieuse et merveilleuse qu'est la Vie.

Pendant longtemps les chercheurs, même les plus audacieux, restèrent impuissants et résignés devant l'abîme, en apparence infranchissable, qui s'ouvrait entre la matière inerte et la matière vivante. C'est qu'il y avait pour eux deux sortes de matière : l'une formée indépendamment de la vie, l'autre engendrée au sein même de l'organisme. Mais la Synthèse chimique, grâce aux Wœhler et aux Berthelot, vint un jour combler le fossé et permettre aux idées d'aller à la conquête d'un domaine nouveau. La Chimie organique réalisa aussitôt les progrès les plus surprenants. Elle devait conduire, en particulier, à la connaissance d'un nombre considérable de substances élaborées par l'organisme végétal, substances qui subissent, dans la cellule vivante, des séries de métamorphoses dont la nature est en relation directe avec les fonctions successives accomplies par les organes qui en sont le siège.

Préciser le rôle de ces substances dans l'économie, rechercher les mécanismes qui président à leur formation, faire connaître le sens dans lequel elles évoluent, établir les relations existant entre les phénomènes chimiques qui les modifient et les manifestations immédiates de la vie, tels sont les problèmes séduisants dont la solution peut être aujourd'hui poursuivie avec de nouveaux et puissants instruments de travail.

Je fus, voilà bientôt dix ans, frappé de la facilité avec laquelle certains composés, les corps odorants, peuvent être extraits des végétaux qui les élaborent, isolés à l'état de pureté et dosés d'une façon précise. Une fois acquise la certitude de l'évolution lente et continue de ces substances dans la cellule, il me sembla qu'elles devaient se prêter d'une façon parfaite à l'étude du chimisme végétal dans quelques-unes de ses relations avec le fonctionnement de la matière vivante. Je ne veux pas dire par là que les conclusions fournies par des études effectuées sur une classe particulière de corps pourront être nécessairement étendues à toutes les substances possédant des groupements atomiques analogues. Mais il me paraît permis d'espérer qu'elles seront de nature à élargir la voie qui doit conduire à la connaissance des manifestations chimiques de la vie végétale.

Telles sont les considérations d'ordre philosophique qui ont présidé à l'orientation des recherches que je me propose d'exposer.

Deux questions bien distinctes ont captivé mon attention : la première, relative à la nature des transformations chimiques subies par un groupe de composés au fur et à mesure que s'accomplissent les fonctions successives de la vie; la seconde, ayant trait aux mécanismes mêmes de ces transformations.

M. A. Hébert, bien connu par ses intéressants travaux de Chimie et de Physiologie végétales, m'a prêté, dans l'étude de la seconde partie de la question, une collaboration particulièrement active et précieuse. Il m'est agréable de lui rendre ici un hommage affectueux et empressé.

Les substances dont l'évolution a été observée et rattachée à un certain nombre de phénomènes physiologiques, appartiennent au groupe des matières odorantes; elles sont désignées sous le nom générique de *composés terpéniques*. Le choix de ces substances se trouve, je le répète, justifié par des considérations relatives à la lenteur avec laquelle elles se transforment dans l'organisme et à la précision avec laquelle on peut en effectuer le dosage.

I

Lorsqu'on étudie la composition des huiles essentielles odorantes, on est fréquemment frappé de la coexistence de substances ayant le même squelette moléculaire, présentant entre elles les caractères d'une parenté immédiate : c'est ainsi qu'un alcool est souvent accompagné de ses éthers composés, de ses produits d'oxydation, aldéhydes ou cétones, voire même d'hydrocarbures qui en dérivent par simple élimination des éléments de l'eau.

En suivant, dans les diverses parties d'un végétal et au fur et à mesure de son développement, les variations subies par ces substances, on devait donc arriver à établir l'ordre dans lequel elles se succèdent, la nature des réactions qui les modifient, les liens qui existent entre ces métamorphoses et les principales fonctions physiologiques de la plante, en un mot faire connaître ce que l'on pourrait appeler les tendances chimiques d'un organe.

A côté de ce but philosophique, il y avait encore un but positif à viser. Et celui-ci méritait de n'être point perdu de vue, car — il faut bien le reconnaître — toute recherche, tout effort demeu-

reraient stériles s'ils n'avaient pour résultat de contribuer à augmenter la somme de bien-être de l'humanité. De la culture des plantes à parfums dépend la richesse agricole de quelques départements, et notamment du département des Alpes-Maritimes. Ces plantes méritaient d'attirer l'attention des chimistes et des agronomes ; et il importe que les conditions qui président à la formation ou à l'évolution des composés odorants qu'elles élaborent soient fixées avec le plus de précision possible.

Dans cette première partie du sujet, j'examinerai les métamorphoses que subissent, au fur et à mesure de la végétation et dans les divers organes, un certain nombre de composés terpéniques choisis de façon à donner aux conclusions une généralité suffisante.

J'aborde la question par l'étude de l'évolution d'un groupe de composés, le linalol et ses dérivés, assez répandus dans les végétaux.

Le *linalol* est un alcool tertiaire répondant à la formule $C^{10}H^{18}O$. Sous l'influence des agents déshydratants, il perd facilement les éléments de l'eau pour donner deux carbures $C^{10}H^{16}$ ou *terpènes*, le limonène et le dipentène, qui, d'ailleurs, l'accompagnent fréquemment dans les produits naturels. Enfin, par simple isomérisation, le linalol se transforme facilement en un alcool primaire, le *géraniol*, fournissant une aldéhyde, le *citral*, $C^{10}H^{16}O$, par oxydation.

L'essence de bergamote (*Citrus bergamia*) renferme du linalol à l'état libre et à l'état d'éther acétique, ainsi que des terpènes. En suivant les modifications qu'elle subit pendant le développement du fruit, on constate que *sa richesse en éther acétique du linalol* (*acétate de linalyle*) *et en terpènes augmente, sans que le rapport entre les proportions de ces derniers* (*limonène et dipentène*) *soit modifié. En même temps, l'acidité diminue, ainsi que la proportion de linalol total.*

Ces observations jettent une vive lumière sur le processus suivant lequel les composés terpéniques évoluent dans le fruit du *Citrus bergamia*. Etant donné, en effet, que la proportion de linalol total diminue pendant que la proportion d'acétate de linalyle augmente, nous devons admettre que le linalol fait son apparition avant son éther acétique ; l'acide acétique libre, agissant alors sur le linalol, en éthérifie une partie, tandis qu'une autre partie de cet alcool se déshydrate en produisant du limonène et du dipentène.

Cette manière de voir est corroborée par le fait que la masse du mélange terpénique augmente pendant l'éthérification, sans qu'on observe la moindre variation dans le rapport entre les proportions de ces deux terpènes, ce qui montre bien qu'ils prennent naissance simultanément au cours d'une seule et même réaction.

Montrons maintenant qu'il ne s'agit point là d'un processus particulier, et, pour cela, adressons-nous à un autre végétal élaborant du linalol. Si nous étudions l'huile essentielle extraite de la lavande (*Lavandula vera*) aux divers stades du développement de la plante, nous y verrons *la proportion d'alcool libre et la proportion d'alcool total diminuer jusqu'au moment où les fleurs seront complètement épanouies, tandis que la proportion d'éther augmentera ; puis, lorsque la fleur se fanera, l'huile essentielle s'enrichira en alcool, alors que, au contraire, sa teneur en éther diminuera.*

Donc, ici encore, les choses se passent comme dans la bergamote : les éthers prennent naissance par l'action directe des acides sur les alcools. Toutefois, la destruction de la portion alcoolique, au fur et à mesure que s'opère l'éthérification, est moins sensible que dans le cas précédent. Dès à présent, je rapprocherai cette observation de l'importance relativement faible que possèdent les parties vertes dans la lavande et aussi du peu d'abondance des terpènes dans l'huile essentielle. J'aurai ainsi jeté quelque clarté sur les liens qui existent entre les trois faits suivants : médiocre développement des organes chlorophylliens dans la lavande, faible diminution de la quantité de linalol, proportion minime de terpènes.

Ces résultats étant acquis, suivons plus loin le cheminement du linalol ou de ses dérivés. Et faisons choix, pour cela, d'un végétal, l'oranger (*Citrus bigaradia*), dont les feuilles, les fleurs et les fruits renferment des huiles essentielles, et tel que le linalol se rencontre déjà chez les feuilles qui constituent, en quelque sorte, le laboratoire dans lequel se forment, du fait de l'assimilation chlorophyllienne, non pas évidemment tous les principes immédiats, mais les substances-mères, des molécules primitives susceptibles de se compliquer ensuite ou de se dégrader. Dans la feuille d'oranger, une fois les éthers formés et l'organe complètement développé, le linalol se déshydratera pour fournir des terpènes, dont la proportion augmentera constamment. Dans la fleur, il ne restera que peu d'éthers, les terpènes seront devenus plus abondants que dans la feuille. Enfin, dans le fruit, les alcools, linalol et géraniol, contenus dans la feuille et la fleur, disparaîtront pour faire place aux terpènes et à l'aldéhyde, citral, qu'ils auront respectivement engendrés.

L'ensemble des résultats que nous venons de passer en revue permet de conclure que les composés appartenant au groupe du linalol subissent, dans l'organisme végétal, deux séries de transformations : la première, qui a pour siège les parties

vertes de la plante, réalise par voie de déshydratation le passage de l'alcool à ses éthers composés et, finalement, aux terpènes; la deuxième, qui se manifeste surtout dans les organes où l'énergie respiratoire s'exerce avec le plus d'intensité, conduit, par voie d'oxydation, au citral, aldéhyde correspondant au géraniol.

Essayons de généraliser les faits en étudiant les relations d'origine entre un alcool secondaire, le *menthol*, ses éthers et la cétone correspondante, la *menthone*, substances que l'on rencontre simultanément dans la menthe poivrée (*Mentha piperita*). Le menthol, dont la formule est $C^{10}H^{20}O$, donne, par oxydation, la menthone, $C^{10}H^{18}O$, et, par déshydratation, un hydrocarbure, le *menthène*, $C^{10}H^{18}$.

L'observation des variations subies par les composés terpéniques de la menthe poivrée pendant le développement de la plante, d'une part dans les inflorescences, d'autre part dans les organes pourvus de chlorophylle, conduit à des résultats fort significatifs :

Au début de la végétation, l'essence est riche en menthol; mais une faible proportion de cet alcool se trouve à l'état combiné; la menthone n'y existe encore qu'en minime quantité. Toutefois, au fur et à mesure que les parties vertes se développent, la proportion d'alcool combiné augmente, comme je l'ai déjà indiqué pour le linalol et comme j'aurai l'occasion de le faire remarquer plus loin pour d'autres alcools. *Cet enrichissement de l'essence en éthers n'a lieu, en réalité, que dans les feuilles, et l'huile essentielle extraite des fleurs ne renferme que de faibles proportions de menthol combiné. La proportion de menthone, très faible au début de la formation des inflorescences, augmente constamment pendant le développement de celles-ci, en même temps que diminue la richesse en menthol total.*

En un mot, l'éthérification du menthol a pour siège les parties vertes de la plante, tandis que la menthone prend naissance plus spécialement dans la fleur par oxydation de l'alcool correspondant.

Cette dernière conclusion concorde parfaitement avec les intéressantes observations physiologiques de M. Curtel, à savoir : au fur et à mesure du développement de la fleur, les fonctions de la feuille disparaissent en elle, l'assimilation s'affaiblit ou s'annule, la transpiration devient moindre, les réactions intérieures changent de nature, l'énergie des oxydations internes se manifeste.

Un fait, d'ailleurs, d'ordre pathologique, vient s'ajouter à ces observations pour mettre en évidence le rôle de la feuille en ce qui concerne l'éthérification et celui de la fleur en ce qui concerne l'oxydation du menthol. Nous avons observé, M. Ebray et moi, que, sous l'influence d'une piqûre d'insecte, l'inflorescence de la menthe poivrée est susceptible de se modifier profondément. On voit alors sur un même pied, à côté des tiges saines et normales, d'autres tiges terminées non pas par des fleurs, mais par des groupements de feuilles avortées. Il y a certainement là quelque chose d'analogue aux phénomènes de castration qui, dans le règne animal, se produisent quelquefois sous l'influence du parasitisme. Chez la menthe ainsi modifiée, avec l'organe disparaît la fonction, et la menthone ne se forme pas ou bien ne prend naissance qu'en proportion insignifiante; par contre, au développement anormal des parties vertes correspond une éthérification notablement plus sensible du menthol. Des expériences, récentes et détaillées, mettent ces constatations hors de doute.

Je viens de démontrer que les métamorphoses des composés terpéniques s'effectuent en deux phases différentes, correspondant à deux fonctions physiologiques bien distinctes : la première est celle de l'élaboration des alcools terpéniques et de leur transformation, par élimination des éléments de l'eau, soit en éthers composés, soit à la fois — lorsqu'il s'agit d'alcools se déshydratant facilement — en éthers et en hydrocarbures (terpènes). Ces modifications ont pour siège les organes chlorophylliens.

La deuxième phase est celle de la transformation, par voie d'oxydation, des alcools en aldéhydes ou en cétones correspondantes. On observe ces métamorphoses notamment dans les organes, comme la fleur, où l'énergie respiratoire s'exerce avec le plus d'activité.

Si cette manière de voir est exacte et si ces conclusions sont générales, à une période active du développement des parties vertes, chez une plante vivace à feuilles persistantes, doit correspondre la formation d'une nouvelle quantité d'alcool et d'éthers, et l'on doit, en conséquence, observer dans l'huile essentielle une diminution de la proportion de cétone. Il est, en effet, bien certain que, en pareil cas, l'huile essentielle qui subsiste dans les feuilles les plus vieilles a subi les transformations les plus complètes; mais, aussitôt que la végétation reprend son activité, aussitôt que de nouveaux organes se forment, des composés odorants prennent naissance qui viennent en quelque sorte rajeunir l'huile essentielle, la ramener à un stade antérieur.

L'absinthe (*Artemisia absynthium*) remplissait toutes les conditions pour servir à vérifier ces prévisions. Elle renferme un alcool, le *thuyol*, $C^{10}H^{18}O$, des *éthers* du thuyol, et une cétone, la *thuyone*, $C^{10}H^{16}O$, que l'on peut obtenir par oxydation du thuyol.

La formation de nouvelles tiges, le développe-

ment des jeunes feuilles ont pour conséquence l'appauvrissement de l'essence de thuyone, et, par contre, son enrichissement en éthers du thuyol. C'est qu'une nouvelle quantité de thuyol a pris naissance pour se convertir en éthers au moment où l'assimilation est redevenue active; la thuyone, formée lentement dans les organes provenant d'une saison antérieure, a été diluée, sa proportion dans l'huile essentielle s'est trouvée réduite, bien que sa proportion dans la plante ait augmenté.

Ainsi se trouvent corroborées les diverses conclusions que j'ai eu l'occasion de formuler jusqu'ici.

Dans ce qui précède, j'ai essayé de mettre en lumière la nature de transformations chimiques subies au fur et à mesure de la végétation par les composés terpéniques contenus dans une même plante, lorsque ces composés sont des terpènes, des alcools libres et à l'état d'éthers, enfin les cétones correspondantes, c'est-à-dire obtenues directement par oxydation de ces alcools.

Il convenait d'étendre le problème au cas d'une huile essentielle, celle de géranium (*Pelargonium roseum*), qui renferme, en même temps que des éthers composés et deux alcools, une cétone ne correspondant, d'une façon immédiate, à aucun de ces alcools.

Les deux alcools contenus, partie à l'état libre, partie à l'état d'éthers, dans l'essence de géranium, sont : le *géraniol*, $C^{10}H^{18}O$, et le *rhodinol*, $C^{10}H^{20}O$. La cétone qu'on y rencontre est identique avec la *menthone* de la menthe poivrée. La menthone ne correspond immédiatement à aucun des alcools, géraniol et rhodinol, mais ce dernier donne par oxydation une aldéhyde, le *rhodinal*, qui se convertit spontanément en menthone. Ce fait intéressant a été établi par M. Bouveault avec des arguments irréfutables.

En étudiant des essences de géranium préparées à divers stades de la végétation, j'ai observé : 1° *que l'acidité va en diminuant pendant la maturation de la plante;* 2° *que la proportion d'éther augmente;* 3° *que la proportion d'alcool total augmente légèrement;* 5° *que la menthone prend naissance principalement à l'approche de la floraison.* Des expériences toutes récentes m'ont montré que le citral, aldéhyde obtenue par oxydation du géraniol, se trouve dans les eaux de distillation du géranium.

Tirons de ces divers faits les conclusions qu'ils comportent :

A mesure que la plante mûrit, les acides se combinent aux alcools pour augmenter la quantité d'éthers, cela pendant qu'une nouvelle quantité de produits alcooliques se forme. Les alcools se convertissent ensuite partiellement, par voie d'oxydation, le géraniol en citral, le rhodinol en rhodinal, qui s'isomérise spontanément en donnant naissance à de la menthone.

Ainsi, le fait que les aldéhydes et les cétones prennent naissance par voie d'oxydation, notamment dans les organes susceptibles de fixer l'oxygène, apparaît avec une généralité suffisante.

Nous connaissons maintenant un certain nombre de réactions générales auxquelles sont soumis, dans l'organisme végétal, les composés terpéniques. Nous allons pouvoir aborder la seconde partie du sujet : l'étude des mécanismes de ces réactions, des liens étroits qui rattachent ces phénomènes chimiques aux fonctions physiologiques de la plante.

Mais, au préalable, je tiens à bien insister sur ce point que la présence d'éthers dans certaines fleurs et dans certains fruits n'est nullement en contradiction avec ma manière de voir au sujet de la formation de ces substances dans les parties vertes. Les fleurs et les fruits, en effet, jouent généralement un rôle au point de vue de l'assimilation et sont, d'ailleurs, susceptibles de recevoir des principes élaborés dans les feuilles. La respiration, dans ces organes, étant particulièrement active, j'ai eu soin de mettre en parallèle avec ce fait la tendance qu'ont les alcools à s'y transformer en leurs produits d'oxydation (aldéhydes ou cétones).

Dans les parties de la plante privées de chlorophylle, les alcools se trouvent généralement à l'état libre (bois de santal, de gayac, de cèdre, de linaloé). Il faut cependant bien remarquer que la présence d'éthers dans certains bois ou racines ne prouverait nullement que ces substances y ont pris naissance, puisque les produits élaborés par les organes chlorophylliens peuvent être déversés dans les diverses parties du végétal, ainsi que l'établissent de nombreux travaux, parmi lesquels ceux d'Isidore Pierre et ceux de MM. Berthelot et André.

II

La nature des réactions chimiques successives qui, au sein de la plante, modifient les composés terpéniques étant connue, nous avons voulu, M. Hébert et moi, pousser plus loin l'étude de ces phénomènes en essayant d'en mettre en lumière le mécanisme.

Une question s'est posée tout d'abord : l'éthérification des alcools terpéniques s'opère-t-elle, dans l'organisme végétal, par action pure et simple des acides sur les alcools, ou bien y est-elle favorisée par le concours d'un agent particulier jouant le rôle de déshydratant?

En vue de rendre manifeste le rôle d'un agent favorisant la formation des éthers, nous avons

établi que, par l'action pure et simple des acides sur les alcools terpéniques, l'éthérification est plus lente et moins complète que chez les plantes. Tandis que, par exemple, dans la lavande (*Lavandula vera*), le rapport entre la quantité d'alcool combiné et la quantité d'alcool total a augmenté de plus de $\frac{8}{100}$ dans l'espace de quinze jours, pendant le développement de la plante; dans des expériences effectuées en mettant en présence une molécule de linalol et six molécules d'acide acétique, l'accroissement de la valeur de ce rapport au bout de vingt-quatre jours n'a pas dépassé $\frac{1}{100}$, encore que nous ayons suivi la marche du phénomène tout à fait au début, c'est-à-dire au moment où l'augmentation est le plus sensible. En outre, au bout d'un an, la proportion d'éther formé n'a atteint que 5,3 °/₀.

Ainsi, en faisant agir uniquement l'acide acétique sur le linalol, on n'obtient, même au bout d'un temps très long, qu'une faible proportion d'éther, proportion très inférieure à celle qu'on trouve dans les huiles essentielles. Par contre, la proportion d'alcool éthérifié, au moment où l'équilibre est atteint, peut devenir voisine de la valeur qu'elle acquiert dans la plante, si l'on a soin de faire intervenir un agent, l'acide sulfurique, susceptible de favoriser les déshydratations.

Les expériences que nous avons faites pour l'établir nous ont en même temps permis de constater : 1° que les alcools terpéniques qui, sous l'influence d'un acide déterminé, s'éthérifient le plus facilement, sont aussi ceux dont les végétaux renferment la plus grande proportion à l'état combiné avec le même acide ; 2° que, pour un même alcool terpénique, l'acide se combinant le plus facilement avec cet alcool est celui dont l'éther est le plus abondant chez la plante.

De la sorte se trouve confirmé le fait que *l'éthérification chez les plantes s'opère par l'action directe des acides sur les alcools préalablement formés*. Nous constatons, au surplus, que *ce phénomène est favorisé par un agent particulier jouant le rôle de déshydratant.*

Jusqu'ici, je suis resté dans le domaine des faits positifs. Je vais quitter un instant ce domaine pour celui de l'hypothèse.

On sait que, parmi les transformations se produisant dans la cellule vivante, plusieurs ont été envisagées comme des effets de l'intervention diastasique. En particulier, bon nombre de phénomènes de déshydratation, unissant entre elles des molécules simples pour donner naissance à des molécules plus complexes, s'effectuent dans l'organisme animal grâce à la présence de ferments. De semblables phénomènes paraissent aussi se produire dans les plantes et peuvent être réalisés *in vitro* par des diastases. M. Hill est parvenu à montrer que la maltase est capable de combiner, par élimination d'eau, deux molécules de glucose ; M. Emmerling, plus récemment, a pu, grâce à l'intervention de la même diastase, réunir — en leur enlevant deux molécules d'eau — le glucose, l'acide cyanhydrique et l'aldéhyde benzoïque pour obtenir l'amygdaline.

Dans un même ordre d'idées, nous ajouterons que M. Hanriot d'une part, MM. Kastle et Lœvenhart d'autre part, ont introduit dans la science la notion de réversibilité des actions d'un ferment spécial : la lipase.

Ces considérations nous ont amenés, M. Hébert et moi, à faire une hypothèse sur la nature de l'agent favorisant chez la plante l'éthérification des alcools, et nous avons admis, d'ailleurs sous toute réserve, qu'il s'agit là encore d'une intervention diastasique.

L'élimination d'eau, qu'elle ait pour effet de transformer les alcools en éthers ou bien en hydrocarbures, a pour siège les parties vertes de la plante; en d'autres termes, elle se produit dans le milieu soumis à l'action chlorophyllienne.

Ces phénomènes de déshydratation, qui, d'une manière générale, président à l'union des radicaux organiques avec formation de molécules complexes, sont caractéristiques des milieux assimilateurs. Il y avait donc lieu d'étudier le rôle de la fonction chlorophyllienne dans les phénomènes particuliers dont nous avons voulu mettre en lumière le mécanisme.

M. Gaston Bonnier a observé qu'une plante de plaine, transportée à une altitude supérieure, acquiert, sous l'influence du climat de montagne, un certain nombre de modifications qui *l'adaptent à une fonction chlorophyllienne plus intense*. Cette fonction chlorophyllienne plus intense entraîne-t-elle la formation d'une proportion plus notable d'éthers dans les huiles essentielles élaborées par les plantes adaptées au climat de montagne ? Des recherches entreprises en vue de résoudre ce problème ont été prolongées pendant plusieurs années (de 1894 à 1901), de façon à rendre négligeables, par la multiplicité des cas examinés, les causes accidentelles susceptibles d'exercer sur les résultats une action contraire à celle de l'influence examinée. Elles ont concordé pour montrer que *l'altitude influe dans le même sens, d'une part sur la fonction chlorophyllienne, d'autre part sur la formation des éthers.*

Mais l'influence de l'altitude n'est pas une influence simple : elle dépend de plusieurs facteurs qui caractérisent le climat de montagne : 1° l'éclai-

rement plus intense ; 2° l'air plus sec ; 3° la température plus basse. Les deux premiers facteurs, pris isolément, agissent dans le même sens, tandis que l'influence du froid dans les montagnes paraît contrarier leur action.

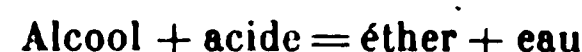
En particulier, il résulte des expériences de M. Gaston Bonnier et de M. Eberhardt que, au point de vue physiologique et au point de vue anatomique, l'air sec agit absolument comme l'éclairement plus grand, c'est-à-dire favorise l'adaptation de la plante à une fonction chlorophyllienne plus intense. Aussi bien, nous avons effectué deux séries d'études ayant pour but : 1° d'établir un parallèle entre la composition d'essences de lavande récoltées pendant des saisons relativement pluvieuses et celles d'essences de lavande de mêmes origines, mais récoltées pendant des années de sécheresse ; 2° de comparer une essence de lavande récoltée aux environs de Paris aux essences de lavande de montagne. Ces expériences ont montré de la façon la plus nette que *l'air sec favorise la formation des éthers en même temps qu'il rend les végétaux plus aptes aux fonctions chlorophylliennes*.

L'ensemble de ces résultats permet donc de conclure *que les influences capables de modifier les plantes de façon à les adapter à une fonction chlorophyllienne plus intense favorisent en même temps l'éthérification des alcools terpéniques*.

Une voie nouvelle apparaît, qui va nous permettre de franchir une étape vers la connaissance encore lointaine des causes initiales de ces phénomènes.

Dans la première partie de cet exposé, j'ai démontré — il est bon de le rappeler — que l'éthérification chez la plante a pour siège principal les parties vertes, c'est-à-dire les milieux chlorophylliens. J'ai établi ensuite que, non seulement ces phénomènes de déshydratation s'effectuent dans les organes assimilateurs, mais encore que leur intensité est en relation directe avec l'intensité de la fonction chlorophyllienne. Et nous sommes ainsi tout naturellement conduits à rechercher à l'aide de quel mécanisme la fonction chlorophyllienne exerce son influence sur de semblables phénomènes.

On sait que la matière verte des plantes, la chlorophylle, emmagasinant l'énergie solaire, dispose de cette énergie calorifique pour remplir une double mission : elle assure l'assimilation du carbone qui formera le squelette de la substance organique, elle permet l'évaporation de l'eau par les feuilles ou, plus exactement, par les organes verts, de façon à provoquer la circulation des liquides qui véhiculent et distribuent les aliments minéraux. Nous avons vu que les éthers prennent naissance, chez la plante, par combinaison des acides avec les alcools; et l'on trouve, en même temps que les produits formés, un excès des substances réagissantes. En d'autres termes, il existe dans la plante un mélange d'éther composé, d'alcool libre, d'acide et d'eau. Conformément aux idées de M. Berthelot sur l'éthérification, la réaction :



Alcool + acide = éther + eau

doit donc être limitée par la réaction inverse et l'état d'équilibre doit dépendre de la proportion d'eau contenue dans le milieu considéré. C'est, par conséquent, grâce à son action favorable à l'élimination mécanique de l'eau que l'énergie chlorophyllienne, tendant à réduire les proportions d'eau dans les systèmes chimiques qui constituent le contenu cellulaire, doit contribuer à accentuer les phénomènes de déshydratation et, en particulier, ceux qui ont pour effet la transformation des alcools en éthers.

Dans le but d'éclaircir ce point, nous nous sommes proposé, M. Hébert et moi, de soumettre la plante à des influences susceptibles d'affecter à la fois les phénomènes chimiques et les phénomènes physiologiques, pensant ainsi arriver à saisir les liens qui existent entre ces deux ordres de phénomènes.

En particulier, l'arrivée de l'eau par les racines et son départ par les organes chlorophylliens sont en relation avec la composition minérale des milieux au contact desquels vivent les racines. D'autre part, cette composition est elle-même en relation avec les échanges gazeux, entre la plante et l'atmosphère, qui accompagnent la formation et l'évolution de la matière végétale. Il en résulte que, en modifiant la nature chimique du milieu ambiant, on devait modifier à la fois et la marche des phénomènes chimiques et celle des phénomènes physiologiques, de façon à constater les liens qui unissent les uns aux autres. Telles sont les considérations qui nous ont amenés à soumettre une plante à l'influence de divers sels minéraux pour observer les variations qu'elle subit au double point de vue qui nous intéresse.

Nous avons expérimenté sur la menthe poivrée (*Mentha piperita*), qui élabore un alcool terpénique (menthol), des éthers et la cétone correspondante (menthone) en proportions assez notables pour permettre de saisir les variations susceptibles de se produire.

Je ne m'attarderai pas à développer ici toutes les conclusions qui se dégagent des résultats que nous avons obtenus ; je préfère, en effet, ne point détourner l'attention du lecteur des faits les plus saillants, faits relatifs aux liens existant entre les phénomènes, absorption et transpiration, qui

règlent la proportion d'eau chez la plante et les métamorphoses qu'y subit la matière.

Le terrain affecté à nos plantations de menthe poivrée fut divisé en treize lots : le premier, réservé à la culture normale, c'est-à-dire sans addition de sels minéraux, était destiné à fournir les plantes témoins; dans chacun des autres lots, le sol fut additionné de l'un des sels suivants : *chlorures* de sodium, de potassium, d'ammonium; *sulfates* de sodium, de potassium, d'ammonium, sulfate ferreux, sulfate de manganèse; *nitrates* de sodium, de potassium, d'ammonium; *phosphate* disodique.

Des résultats de l'analyse des plantes à divers stades de leur vie, nous avons pu tirer les conclusions suivantes : 1° *Chez le végétal arrivé à un certain degré de développement* (*que ce végétal soit cultivé normalement ou en présence de sels minéraux*), *la proportion d'eau diminue constamment;* 2° *l'addition au sol d'un sel minéral a pour effet d'accentuer cette diminution de la quantité relative d'eau.* L'effet des sels est donc analogue à celui d'un éclairement intense, M. Berthelot ayant constaté que les plantes poussant au soleil sont moins hydratées que celles poussant à l'ombre.

Connaissant l'influence de la nature du milieu extérieur sur l'état d'hydratation de la plante, nous allons examiner, conformément au programme que j'ai tracé plus haut, la façon dont se sont trouvés affectés quelques phénomènes chimiques qui s'accomplissent au sein même du végétal.

Un premier problème se dresse, intéressant au point de vue spéculatif, non moins intéressant au point de vue des résultats positifs à obtenir. Je veux parler de la question relative à la formation des composés terpéniques, des matières odorantes. C'est en étudiant les conditions qui favorisent ou entravent la formation de ces corps qu'il sera possible de connaître leur origine et peut-être même leur signification physiologique. Certes, dans cet ordre d'idées, les questions surgissent nombreuses et captivantes, dont la solution nécessitera encore de délicates études expérimentales. Mais nos premiers résultats donneront déjà une indication d'orientation.

En étudiant l'influence des sels minéraux sur la production en huile essentielle, nous avons constaté que les meilleurs résultats sont fournis par le chlorure d'ammonium, qui a pour effet de doubler le rendement tout en assurant une récolte plus abondante. Les sulfates, notamment celui de manganèse, celui d'ammonium et celui de potassium paraissent favorables à formation des composés terpéniques. Il en est de même du nitrate de sodium et du phosphate disodique.

Est-il, pour cela, permis d'espérer que les cultivateurs livreront à bref délai aux industriels des plantes donnant des rendements sensiblement plus élevés en essence? Certes non, car il faudra, au préalable, généraliser ces conclusions. Et, d'ailleurs, lorsqu'il s'agit de modifier des pratiques séculaires, les luttes à soutenir contre la routine sont toujours des plus âpres : la science ne trouve des adeptes que parmi ceux qui la connaissent et la discutent.

Ces remarques faites, les phénomènes qui mériteront de retenir tout spécialement l'attention seront les suivants : éthérification du menthol et transformation de cet alcool en menthone.

Nous venons de voir que les sels minéraux ajoutés au sol ont pour effet *d'accélérer, d'une façon plus ou moins sensible, la diminution de la proportion d'eau chez la plante.*

L'étude de la composition des huiles essentielles élaborées nous a permis de constater qu'ils *favorisent en même temps l'éthérification du menthol.*

Ces deux phénomènes — perte d'eau et éthérification des alcools — paraissent donc ne pas être dus à des causes indépendantes. Poussons-en plus loin l'étude comparative.

L'examen des résultats de nos analyses nous a, je le répète, révélé que les nombres, envisagés dans leur ensemble, accusent, pour les deux phénomènes, des variations dans le même sens. Mais ces variations ne sont pas proportionnelles. Je me hâte d'ajouter qu'elles ne pouvaient pas l'être. Pour que les variations que subissent la perte d'eau, d'une part, le rapport du menthol combiné au menthol total, d'autre part, eussent été proportionnelles, il aurait fallu que les pieds sur lesquels nous avons dosé l'eau fussent rigoureusement moyens; il aurait fallu, au surplus, que le menthol se trouvât, dans tous les cas, en présence, soit d'un seul et même acide en proportion identique, soit d'un mélange d'acides ayant rigoureusement la même composition. Or, il n'en est rien. Dans la menthe poivrée, le menthol se combine partiellement avec l'acide acétique, partiellement avec l'acide valérianique. Ce dernier acide éthérifie le menthol plus difficilement que le premier, de sorte que les circonstances qui en favorisent la formation, au détriment de celle de l'acide acétique, tendront à entraver l'éthérification.

Malgré ces restrictions — qu'il était nécessaire de faire — nos expériences conduisent à cette conclusion formelle que *les plantes perdant la plus grande proportion d'eau sont celles chez lesquelles l'éthérification s'effectue avec le plus d'activité.*

Or, deux phénomènes interviennent pour régler la proportion d'eau chez la plante : l'absorption par les racines, l'évaporation par les organes chlorophylliens. Il en résulte que toute cause

capable, soit de réduire l'absorption de l'eau par les racines, soit d'activer la transpiration, tendra à favoriser la transformation des alcools en éthers, en d'autres termes, la réunion de deux molécules en une seule par élimination d'eau.

La transformation du menthol en menthone, qui se trouve intimement liée aux phénomènes respiratoires, semble ne pas être indépendante des conditions qui modifient la marche de l'éthérification. Encore que les variations manquent ici de régularité, je crois pouvoir dire, — avec toute la réserve imposée par le défaut de netteté des résultats, — que les causes qui favorisent l'éthérification paraissent avoir des tendances à entraver, au contraire, la transformation de l'alcool en son produit d'oxydation immédiat.

III

Quelque modeste que soit l'édifice à la construction duquel nous venons d'assister, je tiens à abattre l'échafaudage qui a servi à l'élever, de façon à en faire apercevoir l'ensemble. Il ne me reste plus, en effet, qu'à mettre en relief les grandes lignes du sujet en écartant les détails qui pourraient les masquer.

Entre autres phénomènes chimiques susceptibles de présider aux métamorphoses de la matière dans le milieu où se déroule la vie végétale, il en est qui procèdent par déshydratation, d'autres par oxydation.

Les premiers sont caractéristiques des milieux assimilateurs. Effectivement, nous constatons que les éthers composés se forment, dans les parties vertes de la plante, par action des acides sur les alcools avec élimination d'eau, et que l'éthérification est d'autant plus active que le végétal est mieux organisé pour la fonction chlorophyllienne. Poussant plus loin l'observation des phénomènes, nous voyons que c'est en favorisant la transpiration que la fonction chlorophyllienne active la transformation des alcools en éthers, phénomène qui a pour effet l'union de deux molécules avec élimination d'eau. Le sel marin, dont la présence dans le sol réduit l'activité assimilatoire de la plante, se montre cependant favorable à l'éthérification. Il faut voir là une conséquence de ce que, si la transpiration est réduite du fait d'une organisation défavorable aux fonctions chlorophylliennes, l'absorption par les racines est, elle aussi, diminuée et cela d'une façon plus sensible, de sorte que le milieu cellulaire dans lequel s'effectuent les métamorphoses étudiées se trouve finalement moins riche en eau : en conséquence, les phénomènes étant régis par les lois de la réversibilité, les déshydratations y deviennent plus actives.

Nous arrivons ainsi à cette conclusion que les causes susceptibles de réduire la proportion d'eau chez la plante favorisent en même temps les phénomènes de déshydratation grâce auxquels des molécules simples, préalablement formées, peuvent s'unir deux à deux pour se convertir en édifices moléculaires plus imposants.

Ainsi, la fonction chlorophyllienne tend à acquérir pour nous une signification nouvelle : non seulement elle assure la fixation, par les tissus végétaux, de l'acide carbonique, non seulement elle réalise, en provoquant la transpiration, la circulation des liquides qui apportent et distribuent les principes nécessaires à la nutrition minérale de la plante, mais encore elle favorise — une fois le carbone assimilé — les condensations permettant le passage d'une molécule primitive simple à une de ces innombrables molécules complexes dont l'étude exerce, depuis plus d'un siècle, la sagacité des chimistes.

Mais l'édifice n'est point achevé encore que déjà son effondrement commence. Alors même que les condensations s'opèrent, les substances qui ont pris naissance s'oxydent, les alcools se convertissent en aldéhydes ou en cétones correspondantes, notamment dans les organes, telle la fleur, où les phénomènes respiratoires ont le plus d'intensité. La molécule qui s'est formée par union de divers fragments plus simples se simplifiera à nouveau, se scindera en parties infimes, jusqu'à ce que le carbone puisse être restitué à l'atmosphère tel qu'il lui a été emprunté, c'est-à-dire à l'état d'acide carbonique.

Et le voile épais qui recouvre les mystères de la vie deviendra peu à peu plus léger, à mesure que le jour se fera sur les secrètes métamorphoses qui impriment à la matière son évolution progressive dans l'organisme, pour amener finalement sa dégradation[1].

Eugène Charabot,
Docteur ès Sciences,
Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales.

[1] Conférence faite au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

L'ALCOOL ET SA VALEUR ALIMENTAIRE

Depuis quelques mois, à la suite d'un article de M. Duclaux, inspiré par de récents travaux américains, des torrents d'encre ont coulé sur la question de l'alcool et de sa valeur alimentaire. La plupart des grands quotidiens ont repris et commenté l'article de M. Duclaux, admettant naturellement ses conclusions, d'ailleurs peu discutables, et c'est là vraiment du nouveau, car l'alcool depuis bien longtemps n'avait pas une bonne presse.

Sans doute, l'alcool cause bien des maux, est l'origine de bien des misères et, pour cela, mérite la guerre qu'on lui fait. Mais la tactique employée est-elle la bonne et doit-on refuser toute valeur à l'alcool parce que l'abus qu'on en peut faire conduit à la dégradation morale et physique? Non, sans doute, et c'est probablement l'intransigeance que montraient à cet égard tant de ligues ou de sociétés antialcooliques, qui est la cause principale de tout le bruit qu'on fait actuellement autour des travaux des savants américains.

Aujourd'hui, il n'est plus contestable que l'alcool soit un aliment. A la vérité, la chose n'est pas nouvelle; maintes fois déjà elle a été affirmée, et, bien que M. Duclaux déclare que la question de l'alcool-aliment n'existait pas scientifiquement, l'alcool a été, à ce point de vue, l'objet de très importants travaux, qu'il serait fastidieux de citer avec détails, parce que précisément trop nombreux.

MM. Atwater et Benedict, les physiologistes américains, n'ont fait que confirmer une fois de plus des recherches antérieures, mais ils l'ont fait avec une ampleur et une rigueur qu'on ne retrouve pas dans les expériences de leurs devanciers. Ayant, d'ailleurs, à leur disposition d'énormes ressources pécuniaires, ils ont vraiment conduit leurs expériences avec un soin des détails et une maîtrise qui imposent définitivement leurs conclusions, d'autant plus que leurs sujets étaient des hommes. Avant d'entrer dans quelques détails sur le travail de MM. Atwater et Benedict, nous allons rapidement esquisser les principales recherches sur le sujet.

I

Laissant de côté les appréciations contradictoires qu'on trouve éparses dans nombre de livres anciens, constatons qu'avec Liebig on accordait généralement à l'alcool la valeur d'un aliment ternaire, lorsqu'à la suite de leurs expériences MM. Perrin, Lallemand et Duroy (1860) avancèrent les premiers que l'alcool introduit dans l'organisme vivant, par la voie digestive ou par la circulation, traverse cet organisme et est finalement éliminé *sans qu'il ait subi aucune transformation*. Si la chose est exacte, il devient impossible d'accorder à l'alcool une valeur alimentaire quelconque.

Voyons donc si les expériences faites justifient des conclusions aussi absolues. Lallemand, Perrin et Duroy se sont surtout appuyés sur les faits suivants :

A des chiens de forte taille, ils faisaient ingérer, par la sonde œsophagienne, des quantités relativement importantes d'alcool (2 grammes par kilog environ). Pendant l'ivresse profonde suivant cette ingestion, ils saignaient leurs animaux, soumettaient le sang recueilli à des distillations successives et parvenaient à caractériser l'alcool dans le distillat, en quantité notable bien que non précisée. De certains tissus d'animaux alcoolisés, sacrifiés pendant l'ivresse ou peu de temps après, surtout du foie et du cerveau, ils ont aussi pu retirer de l'alcool.

Tels sont les résultats obtenus; ils ne pouvaient, d'ailleurs, pas être différents, et eussent été également du même ordre avec n'importe quelle substance ingérée à la place de l'alcool. La destruction par l'organisme d'une matière alimentaire n'est pas, en effet, un phénomène instantané. L'organisme est une machine apte à un certain travail; mais, comme toutes les machines, elle consacre un temps déterminé à l'exécuter. Or, l'ivresse même, dans laquelle étaient plongés les animaux d'expérience, indiquait que le travail, élimination ou transformation, n'était pas fini et que, par suite, la cause occasionnelle de cette ivresse devait encore exister dans l'organisme.

La seule déduction possible de ces expériences est que l'alcool introduit dans l'estomac passe rapidement dans la circulation générale; elles n'impliquent pas du tout qu'il traverse l'organisme sans se transformer.

A la vérité, Lallemand, Perrin et Duroy ont tenté également la recherche de l'alcool dans les excreta ordinaires, notamment dans l'urine.

En opérant sur quatre hommes ayant ingéré en tout 3 bouteilles de Bourgogne et 200 grammes d'eau-de-vie, il sont parvenus à caractériser l'alcool dans les produits de la distillation de 4 litres d'urine recueillis en quatre heures après le repas comportant les libations indiquées. Aucune précision n'est donnée relativement aux doses d'alcool ingérées, non plus que la quantité réelle retirée de l'urine. C'est en s'appuyant sur ces faits que MM. Perrin, Lallemand et Duroy ont cru pouvoir conclure que l'alcool n'est pas brûlé dans l'orga-

nisme, que ce n'est pas un aliment, qu'il n'agit que comme modificateur du système nerveux et que l'alcool ingéré s'élimine par diverses voies, les poumons, la peau et surtout le rein.

Bien que ces conclusions ne ressortent nullement des travaux résumés ci-dessus, elles devinrent presque une doctrine :

Hermann, en 1874, tient pour probable que l'alcool est éliminé sans aucune oxydation.

Brücke, en 1881, croit que la valeur de l'alcool comme aliment est insignifiante, parce qu'il est incomplètement décomposé dans le corps.

Hoppe-Seyler, en 1881, accorde la qualité d'aliment à divers composés organiques, acides acétique, lactique, tartrique, citrique, à la glycérine, etc., mais la refuse à l'alcool qui, dit-il, traverse l'organisme en partie indécomposé.

Volfberg, plus récemment, dans un Traité sur la valeur nutritive de l'alcool, croit aussi que l'organisme ne peut décomposer que de petites quantités d'alcool. Ces opinions sont celles de personnalités marquantes du monde médical, mais ce ne sont que des opinions, appuyées simplement sur les conclusions vicieuses de MM. Lallemand, Perrin et Duroy.

Les travaux ayant conduit d'autres auteurs à des conclusions contraires sont cependant nombreux et, d'ailleurs, relativement anciens :

Stauch en 1852, Buchheim en 1854, Masing en 1854, Schulinus en 1866, émettent l'avis d'une combustion, sinon complète, au moins presque complète, de l'alcool introduit dans l'organisme vivant.

Binz, par des expériences très précises, vers 1880, appuie cette manière de voir, et Botländer, dans un très remarquable travail, confirme les résultats de Binz en étudiant l'élimination par les reins, les poumons, les intestins et la peau.

Albertoni, en 1888, et Strassmann enfin, en 1891, concluent encore dans le sens d'une transformation presque intégrale.

Les partisans de l'inassimilabilité disent : Nous pensons que l'alcool n'est pas utilisé par l'organisme, parce que nous en retrouvons dans les excréta et les tissus, et que nous ne retrouvons pas les produits de sa transformation. Les partisans de l'opinion contraire disent : Nous croyons que l'alcool est brûlé en très majeure partie, parce qu'il s'agit d'un corps qui ne serait pas insaisissable s'il était éliminé en nature, parce que nous n'en trouvons *que des quantités très faibles* dans les divers excréta, et parce qu'enfin les produits qui doivent logiquement résulter de sa combustion dans l'organisme ne se distinguent pas des produits ordinaires de la transformation des graisses ou des hydrates de carbone. Il est clair que la constatation d'une substance dans les excréta ne suffit pas pour déclarer cette substance inassimilable. A ce compte, les protéiques pourraient être réputés inassimilables parce qu'on peut, dans certaines conditions, trouver de l'albumine dans les déjections.

En présence des travaux effectués, tout esprit non prévenu se rendra évidemment à la doctrine de l'assimilabilité.

En fait, les savants qui ont étudié l'élimination de l'alcool en nature s'accordent à dire qu'elle est très faible. Les chiffres représentant l'alcool éliminé varient des uns aux autres (et cela se comprend, car les conditions expérimentales ne sont pas identiques), mais dans des limites relativement étroites, de 6 à 2 °/₀ de la quantité ingérée.

A ce point de vue spécial, nous avons fait quelques expériences sur le lapin et le chien, auxquels nous avions administré des quantités relativement fortes d'alcool, voisines de la dose mortelle, allant à 5 centimètres cubes d'alcool absolu par kilogramme du poids du corps, injecté dans la circulation en une seule fois, sous la forme de solution à 10 °/₀ dans de l'eau salée physiologique. Dans ces conditions, aussi défavorables que possible à l'absorption intégrale, nous n'avons pu, cependant, que confirmer les recherches antérieures du même ordre. Nos expériences sur le lapin nous ont conduits à conclure qu'on ne retrouvait que moins de 1 °/₀ de l'alcool ingéré dans les produits de la respiration.

Sur le chien, nous avons eu des résultats analogues. Voici, par exemple, l'une de nos expériences : à un chien de 7 kilogs, nous pratiquons la trachéotomie; nous lions sur la trachée un tube à deux voies avec soupapes, maintenu à 38°, construit de telle sorte que les gaz sortant du poumon étaient forcés de traverser un appareil de condensation de grande surface, maintenu à moins de 0° par un mélange réfrigérant. Nous administrons à l'animal ainsi disposé 350 centimètres cubes d'une solution d'alcool à 10 °/₀.

Les gaz de la respiration sont condensés pendant la majeure partie du temps que dure l'ivresse, soit 4 heures, et traversent, avant de s'échapper librement dans l'atmosphère, une solution d'acide chromique destinée à fixer les traces d'alcool non condensées par les parois refroidies.

Pendant le même temps et en deux fois, le chien fournit 140 centimètres cubes d'urine. Il a été retrouvé :

Dans les produits de l'exhalation pulmonaire, 0 c.c. 25 d'alcool absolu ;

Dans l'urine, 0 c.c. 96, soit en tout 1 c.c. 21, ce qui donne 3,43 °/₀ de la quantité totale injectée. L'urine de 48 heures suivant l'expérience a été recueillie soigneusement, stérilisée au moment de la récolte et nous y avons encore dosé l'alcool. 475 centimètres cubes, formant l'élimination totale de 48 heures,

nous ont fourni 0 c.c. 263 d'alcool absolu, ce qui porterait à un peu plus de 4 °/₀ la quantité totale d'alcool éliminé en nature. Les expériences antérieures d'autres auteurs ont montré que les voies pulmonaire et rénale sont seules à considérer, en ce qui concerne l'élimination de l'alcool. Celle-ci est nulle par les intestins, elle est insignifiante par la peau.

Ainsi, avec une dose d'alcool presque mortelle, plus de 95 °/₀ de l'alcool ingéré sont comburés.

Nos chiffres sont une confirmation de ceux de Botländer qui, avec 4 c.c. 4 d'alcool par kilogramme sur le chien, a obtenu 4,10 °/₀ d'élimination en nature par les poumons et les reins réunis.

Ce n'est qu'en quantité extrêmement faible, et surtout pendant les quelques heures qui suivent l'alcoolisation, que l'alcool passe *en nature* dans les excréta, notamment les gaz de la respiration et l'urine.

Avec Binz, Botländer, Albertoni, Strassmann et les autres, nous concluons donc que l'alcool est transformé par l'organisme.

II

Celà admis, il reste à savoir si, dans cette transformation, l'organisme peut trouver une source d'énergie, dans quelle mesure cette énergie est utilisable et si, enfin, l'introduction de l'alcool à dose non immédiatement toxique, c'est-à-dire ne provoquant pas d'ivresse, même légère, n'exerce pas d'action défavorable sur les diverses fonctions organiques.

Strassman, en 1891, a fait quelques expériences se rattachant à cette question.

A deux chiens d'une même portée et de poids à peu près semblable, il donna une ration identique, mais supplémentée, pour l'un d'eux, par de l'alcool.

Après un temps assez long de cette alimentation, il sacrifie les chiens et les analyse.

Il constate une augmentation de poids très notable et prouve par le dosage de la graisse que celui des animaux qui absorbait de l'alcool s'est engraissé plus que l'autre.

Sur deux chiens d'un poids initial de 4.700 et 4.800 grammes, il trouve, en fin d'expérience, des poids respectifs de 6.860 et 7.120 grammes, avec des quantités de graisse de 138 et 335 grammes, les chiffres les plus forts s'appliquant au chien alcoolisé.

Cette expérience, répétée sur d'autres sujets, a toujours donné des résultats du même ordre.

L'un de nous, visant l'action spéciale du vin, qui n'est peut-être pas absolument assimilable à celle de l'alcool pur, même dilué au titre ordinaire du vin, a déjà démontré, sur des cobayes, qu'une ration journalière comportant 30 centimètres cubes de vin se montre très avantageuse pour le développement de ces animaux.

Deux lots de cobayes, de même âge et de même poids initial, ont reçu pendant toute la durée de l'expérience la même nourriture, mais supplémentée pour l'un des lots par 30 centimètres cubes de vin rouge ordinaire à 9° par kilogramme de poids. Après trois mois de régime, la différence de poids moyen de chaque individu était de 5,60 °/₀ en faveur des viniques ; après cinq mois, elle s'accentuait et passait à 12,89 °/₀.

A cette même époque, les poids moyens de chacun des couples en expérience, pris avec leur descendance vivante, différaient de 14,87 °/₀, toujours en faveur des viniques. Vers le sixième mois, plusieurs des témoins moururent ; l'expérience fut continuée sur les viniques, dont le poids moyen arrivait à 841 grammes. C'est dire qu'ils étaient à cette date en très bonne forme. Rien ne pouvait laisser supposer une action défavorable d'ordre quelconque sur la santé générale. Les fonctions de reproduction ont été plus actives chez les viniques ; la mortalité des descendants a été la même dans les deux cas (23,3 °/₀ viniques contre 22,3 °/₀ témoins.)

Cette expérience nous paraît suffisante pour démontrer la valeur alimentaire très réelle, sinon de l'alcool, au moins du vin.

Après ces expériences, nous en avons entrepris d'autres, dont les résultats aboutissent aux mêmes conclusions. Des animaux soumis à un régime alimentaire insuffisant maigrissent moins si l'on ajoute du vin à ce régime.

L'expérience a été faite par nous sur des cobayes et même sur des poissons, cyprins et ombres.

Sur deux lots de cyprins, mis pendant quinze jours consécutifs, les uns dans de l'eau pure, les autres dans la même eau alcoolisée à 0,4 °/₀, il a été constaté pour les premiers une perte de 9,8 °/₀ du poids initial et pour les autres 3,5 °/₀ seulement.

Sur un même lot d'ombres, mis successivement dans de l'eau alcoolisée à 0,45 °/₀ et dans de l'eau pure pendant des périodes égales d'une semaine, il a été constaté, pour le cas de l'eau alcoolisée, 0,83 °/₀ de perte sur le poids initial, et, pour le cas de l'eau pure, 1,53 °/₀. Pour que les périodes d'observation fussent plus strictement comparables, on avait laissé les animaux se dégorger à leur aise par un séjour préliminaire, alternativement dans l'eau pure et dans l'eau alcoolisée. Au bout d'une semaine et même au bout de quinze jours, les poissons expérimentés restent vifs et bien portants dans l'eau alcoolisée à 0,4 ou 0,5 °/₀.

Nous devons enfin signaler ici quelques expériences, encore insuffisantes, il est vrai, pour déterminer une opinion ferme, mais nous ayant cepen-

dant donné des résultats autorisant tout au moins une hypothèse.

Si l'on fait vivre des poissons dans de l'eau alcoolisée pendant un temps déterminé et qu'on recueille tout l'acide carbonique produit, en tenant compte naturellement de ce que contient l'eau dont on se sert et de ce qui y reste après l'expérience, on trouve que le poids de cet acide carbonique est bien inférieur à celui qui résulterait d'une combustion complète de l'alcool disparu.

Les causes d'erreur dans un travail de ce genre sont, sans doute, nombreuses. Il est difficile de doser l'alcool, en valeur absolue, quand on agit sur de grandes masses d'eau très peu alcoolisée (1 °/₀) ; des actions microbiennes sur l'alcool sont à craindre ; les poissons peuvent remplacer, et remplacent effectivement l'eau de leurs tissus par de l'eau alcoolisée à un titre difficile à établir. Mais, même en tenant compte des pertes possibles, la différence entre l'acide carbonique dosé et celui que le calcul nous donne comme produit par un poids d'alcool égal à celui de l'alcool disparu, la différence, disons-nous, est si grande qu'on doit songer à la possibilité, pour l'alcool, de revêtir dans l'organisme une forme de transition, avant de se comburer. Nous ne pouvons pas préciser, nos expériences sur ce point étant encore incomplètes; mais, ce que nous pouvons déjà dire, d'après nos recherches sur les poissons et sur le lapin, c'est que l'organisme vivant peut détruire des quantités considérables d'alcool.

Nos chiffres vont jusqu'à 0 cc. 75 d'alcool absolu par kilogramme de matière vivante et par heure, aussi bien dans nos recherches sur les poissons que sur le lapin.

Si ces travaux, sur certains points, laissent encore le champ libre à l'hypothèse, ils démontrent, du moins, une action nette de l'alcool, protectrice des tissus organiques contre la destruction.

III

MM. Atwater et Benedict, après bien d'autres, ont repris le problème et se sont attachés à faire la lumière sur les effets de l'alcool dans le régime et sur sa valeur nutritive. Ils considèrent, d'abord, qu'en raison de sa composition, l'alcool ne peut être envisagé que comme aliment respiratoire.

Si l'on admet la combustion intégrale, ou à peu près, dans l'organisme, il semble qu'on pourrait, de la seule connaissance de la chaleur de combustion, déduire la valeur de l'alcool comme aliment ternaire. En réalité, il n'en est pas ainsi, car l'alcool peut n'être pas comparable aux autres aliments ternaires en raison de l'action indirecte qu'il est susceptible d'exercer sur le processus nutritif. La sécrétion des sucs digestifs peut être modifiée et, par là même, la digestion entravée ou favorisée, les échanges peuvent être accélérés ou retardés, ces anomalies pouvant être une conséquence de l'action bien établie de l'alcool sur le cerveau et les nerfs.

L'énoncé très net du problème est donc le suivant : *Comparer la valeur alimentaire de l'alcool, comme source d'énergie, à celle des aliments ordinaires, spécialement les graisses et les hydrates de carbone qui forment les matériaux ordinaires de la nourriture.*

Ces expériences étaient utiles, bien que le problème eût déjà reçu une solution presque complète par des travaux antérieurs; elles sont devenues indispensables après les mémorables conclusions que M. Chauveau a cru pouvoir tirer de ses recherches, et desquelles résulte pour l'alcool une valeur alimentaire à peu près nulle.

Pour M. Chauveau, l'objectif était le même que pour MM. Atwater et Benedict, mais, faute d'une conception assez nette du rôle de l'alcool comme *aliment*, les expériences de M. Chauveau ne pouvaient pas le conduire à des conclusions exactes.

Qu'est-ce, en effet, qu'un aliment au sens physiologique du mot? Quelques physiologistes, et non des moindres, tout en rapportant les nombreuses définitions qu'on a faites de ce terme *aliment*, avouent qu'aucune ne correspond exactement à la chose. Rien n'est si difficile, en effet, que de définir complètement ce mot, sur lequel cependant tout le monde s'entend. Nous avons pourtant cherché nous-mêmes quelque chose d'assez concis et avons adopté la définition suivante :

« On appelle aliment toute substance capable de « contribuer à la formation et à la réparation de « l'organisme, ou à la production de l'énergie, « *sans exercer d'action nocive* » ; et cette rédaction nous a paru complète en ce sens que la phrase restrictive de la fin comporte la notion de dose et de concentration, presque toujours méconnue.

Une substance possédant des propriétés alimentaires avérées cessera, par définition, d'être un aliment, si la quantité ingérée ou la forme sous laquelle elle est présentée sont capables de nuire à l'organisme.

A une concentration élevée, un acide quelconque, d'ailleurs alimentaire, exercera une action corrosive sur la cellule. Ce ne sera plus un aliment.

Ingérée en quantité trop forte, une substance alimentaire a toujours des inconvénients plus ou moins sérieux. Ce n'est plus un aliment. Le nitrate de soude est un excellent aliment des plantes; il les tue cependant s'il est employé à trop haute dose.

La dose ou la concentration ne sont donc pas négligeables ; elles sont, d'ailleurs, extrêmement variables suivant les matières considérées, et, ce qui les

détermine, c'est la capacité de transformation ou la résistance de l'organisme.

Une substance alimentaire ne reste un aliment qu'à la condition de n'être ingérée qu'à une dose égale ou inférieure à celle que l'organisme peut normalement transformer. C'est pour avoir méconnu ces choses que M. Chauveau a abouti à des conclusions inacceptables.

En effet, à un chien, sujet d'expérience, du poids de 20 kilogrammes, habitué à effectuer un certain travail mécanique, il faisait ingérer une ration alimentaire déterminée, contenant une somme d'énergie constante, celle-ci prise, tantôt sous la forme de protéiques et d'hydrates de carbone ordinaires, sucre et fécule, tantôt sous la forme de protéiques et d'hydrates de carbone, mais l'alcool figurant dans cette deuxième ration à la place d'une quantité de sucre d'énergie équivalente, isodyname.

Or, cette substitution introduisait dans la ration 48 grammes d'alcool, c'est-à-dire une dose suffisante pour provoquer une ivresse manifeste du sujet, et cela arrivait toujours, car la ration entière était absorbée en une seule fois.

L'aptitude au travail faiblissait dans toutes les expériences où le régime contenait de l'alcool, mais pouvait-on logiquement tirer de l'infériorité du rendement en travail la conclusion de la non-valeur énergétique de l'alcool? Evidemment non, car tout autre élément ingéré en excès eût produit un résultat analogue. Nous savons bien tous, ne fût-ce que par expérience personnelle, combien de trop copieux repas diminuent l'aptitude au travail.

MM. Atwater et Benedict ne sont pas tombés dans cette erreur; ils n'ont opéré que sur des substitutions quotidiennes d'alcool à des doses que l'observation séculaire a montrées sans effet immédiat sur l'organisme vivant, et la ration n'était pas ingérée d'un seul coup, mais à doses fractionnées, échelonnées dans le courant de la journée.

Ces doses, quelles étaient-elles? 72 à 73 grammes d'alcool par jour, ou, comme les auteurs le disent eux-mêmes, « la quantité habituellement contenue dans une bouteille de vin de Bordeaux ». Leurs expériences, du reste, ne visent pas seulement l'alcool sous la forme de vin, mais encore de wisky, d'eau-de-vie de grain, l'alcool étant toujours absorbé en solution étendue.

Dans les expériences de Chauveau, nous sommes en présence d'une dose toxique de 2 gr. 50 par kilogramme, administrés en une seule fois; dans celles d'Atwater et Benedict, la dose, deux fois et demie moindre, n'est pas toxique, et n'est ingérée qu'en plusieurs fois. Ces dernières conditions sont évidemment bien plus près de la normale.

Le thème des expériences des savants américains est simple. Ils ont toujours opéré sur des hommes sans tare physiologique, qu'ils s'attachaient d'abord par tâtonnements à mettre en état d'équilibre physiologique. La ration nécessaire trouvée, on constituait, pour toute la durée de l'expérience, une ration similaire, mais rigoureusement déterminée, contenant une somme constante et connue d'énergie. Le régime se composait de protéiques, de graisses, d'amidon et de sucre, dans les expériences sans alcool; dans celles avec alcool, la composition qualitative était la même, mais une certaine quantité de graisse, d'amidon ou de sucre, suivant les cas, était remplacée par une quantité isodyname d'alcool.

Pour l'expérience, le sujet était enfermé dans une chambre calorimétrique disposée de telle sorte que toute la chaleur produite par la vie pût être recueillie et mesurée, que tous les excréta gazeux, liquides ou solides pussent être recueillis, mesurés et analysés, si bien que, par l'analyse des aliments ingérés, celle des excréta et la mesure de la chaleur produite, les expérimentateurs avaient les données nécessaires pour établir la balance rigoureuse entre l'entrée totale et la sortie totale de la matière dans le corps de l'homme.

Les moyens matériels n'ont pas fait défaut. La chambre calorimétrique, bien étudiée, construite avec le plus grand soin, s'est montrée, par des expériences préalables, d'une sensibilité parfaite.

On a recueilli, à moins d'un centième près, la chaleur, l'acide carbonique et l'eau produits par une quantité d'alcool connue, brûlée dans la chambre.

Le souci du détail et la fréquence des contrôles caractérisent ces expériences. C'est ainsi que le sujet absorbait, avant son premier repas d'expérience, quelques capsules de noir de fumée pour marquer dans l'intestin le commencement des produits de la digestion imputables à l'expérience. L'urine du sujet était recueillie par périodes de six heures; les quatre périodes d'une journée fournissaient quatre résultats d'analyse qu'on devait retrouver dans un échantillon composite obtenu par le mélange de parties aliquotes de ces quatre périodes. De même, des échantillons composites de l'urine de toute l'expérience devaient fournir les moyens de contrôler les résultats obtenus pour chaque jour.

Les déterminations de l'acide carbonique et de l'eau contenus dans l'air de la chambre étaient aussi faites par période de six heures. Il en était de même pour la mesure de la chaleur produite, tant celle résultant du travail musculaire interne des divers organes que celle résultant du travail musculaire externe. En somme, l'analyse de la ration quotidienne permettait d'évaluer strictement, en calories, l'énergie totale ingérée, car l'énergie contenue dans chaque sorte d'aliment, protéine,

graisses et hydrates de carbone, est connue d'avance par des mesures calorimétriques directes.

Les données que l'on possède sur l'assimilation des divers aliments fournissaient le moyen de déduire de l'énergie totale la partie non assimilable.

L'analyse des excréta permettait de déterminer l'énergie réellement assimilée; celle-ci pouvait être d'ailleurs plus forte, égale ou plus faible que l'énergie assimilable de la ration, suivant que les tissus de l'organisme auraient été partiellement détruits, seraient restés intacts ou seraient augmentés.

Enfin, par la mesure directe on obtenait, toujours exprimée en calories, l'énergie dépensée. La différence entre ce dernier chiffre et celui de l'énergie assimilable donnait, en gain ou en perte pour le corps, le résultat définitif du régime. Les appareils employés étant d'une sensibilité reconnue suffisante, voisine de la perfection, MM. Atwater et Benedict avaient donc le moyen d'apprécier des variations, même d'un ordre très faible, pouvant être apportées par une modification du régime.

Dans la plupart de leurs expériences, les savants américains se sont bornés à substituer de l'alcool à une quantité isodyname, tantôt d'amidon, tantôt de sucre, tantôt de graisse, voire même de plusieurs de ces trois substances à la fois, mais en ayant soin de respecter toutes les autres conditions, si bien qu'une expérience avec alcool était, pour ainsi dire, le calque d'une autre expérience sans alcool. Parallèlement, MM. Atwater et Benedict étudièrent encore l'assimilation et l'élimination de l'alcool, ainsi que son action protectrice sur les graisses et les protéiques de l'organisme. Leurs résultats confirment une fois de plus ce que l'on savait déjà sur ces questions. Mais les conclusions vraiment importantes qui se dégagent de leurs travaux sont surtout celles ayant trait à la valeur énergétique de l'alcool. Elles sont formulées dans les termes suivants :

« *L'énergie potentielle de l'alcool était transformée en énergie cinétique dans le corps, aussi complètement que celle des nutriments ordinaires* » ; puis, plus loin : « Qu'une partie de l'énergie potentielle de l'alcool ait été transformée en énergie cinétique de travail musculaire, ces expériences ne le prouvent pas, bien qu'elles le rendent très probable. Elles impliquent qu'en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie totale du régime, il y avait un léger avantage en économie en faveur du régime ordinaire comparé avec celui de l'alcool, spécialement quand les sujets étaient soumis à un travail musculaire pénible. Mais la différence était comprise dans les limites des erreurs d'expérience et trop petite pour être d'une conséquence pratique. Elle était, en moyenne, moindre de 1 % de l'énergie totale et atteignait à peine 5 % de l'énergie de l'alcool. En conséquence, l'énergie de l'alcool est utilisée à peu près autant, sinon aussi bien que celle de la graisse, du sucre ou de l'amidon qu'il remplace. »

Il y a loin de ces conclusions, si nettes, à celles de M. Chauveau, et celles-là s'accordent avec les résultats d'observations nombreuses.

La notion si générale du réconfort apporté à l'organisme par les boissons alcooliques n'a évidemment pas la valeur d'un fait expérimental précis; cependant, c'est de l'observation, et cette opinion eût eu beaucoup de peine à se transmettre d'âge en âge si elle eût été radicalement fausse.

Il suffit, d'ailleurs, d'observer certains ouvriers, des métallurgistes, des chauffeurs, des verriers, par exemple, d'étudier de près ce qu'ils absorbent pour se rendre compte que l'énergie qu'ils dépensent ne peut pas leur être fournie par la ration, souvent très faible, d'aliments solides qu'ils ingèrent. Les 5.000 calories indispensables pour le travail quotidien de quelques-uns de ces ouvriers représenteraient un volume d'aliments bien supérieur à celui qu'on leur voit consommer. C'est dans la boisson alcoolique qu'ils trouvent ce que l'alimentation solide ne leur fournit pas. Les ouvriers agricoles, dans les pays de vignobles, mangent moins quand on leur donne du vin à discrétion; c'est là un fait reconnu.

Dans le même ordre d'idées, transcrivons encore une observation de Liebig, en 1852, que Longet, dans son *Traité de Physiologie* daté de 1857, rapporte en ces termes : « Depuis l'établissement des Sociétés de tempérance, dit-il, on crut équitable, dans beaucoup de ménages anglais, de compenser en argent la bière que recevaient tous les jours les domestiques, et dont ils s'abstenaient une fois membres de ces Sociétés. Mais on s'aperçut bientôt que la consommation du pain augmentait dans une proportion surprenante, de telle sorte qu'on payait la bière deux fois : une fois en argent, une autre fois en équivalent de pain. »

Enfin, l'occasion s'est présentée quelquefois d'observer des faits analogues sur les animaux domestiques. Il y a une cinquantaine d'années, un vétérinaire, M. Crouzel, publiait une note sur la valeur alimentaire du vin pour le bétail, et conseillait, après des expériences comparatives, l'utilisation des vins défectueux dans la ration des animaux de la ferme. Pendant la crise viticole qui vient d'éprouver si durement le pays, plus particulièrement la région méridionale, cette alimentation... alcoolique fut reprise dans bien des domaines. On substituait, à tout ou partie de l'avoine des chevaux ou mulets de travail, des barbottages de son et vin, ce dernier à des doses de 4 à 5 litres par jour pour un cheval. Ce régime a été continué aussi longtemps qu'il a été avantageux, c'est-à-dire aussi longtemps qu'un litre de vin et 500 grammes de son valaient moins

qu'un kilog d'avoine; nulle part, après plusieurs mois d'application, on ne s'est aperçu qu'il modifiât sensiblement la santé générale des animaux ou leur aptitude au travail, et, cependant, un affaiblissement quelconque n'eût pas échappé à l'œil si observateur des travailleurs des champs.

Tout cela est contraire aux conclusions de M. Chauveau. C'est pourquoi les travaux d'Atwater et Benedict étaient indispensables pour remettre les choses au point.

IV

Ces savants, ils le déclarent eux-mêmes, laissent tout à fait de côté la question de la nocivité ou de l'utilité de l'alcool dans le régime ordinaire, ainsi que son influence sur le système nerveux ou son effet général sur la santé et le bien-être.

Nous ne pouvons pas être aussi réservés qu'eux.

Leurs expériences n'ont pas fait ressortir le plus léger inconvénient de l'usage de l'alcool aux doses et sous la forme ingérées par leurs sujets. Il ne faut pas conclure de cela, sans doute, que l'alcool ne saurait être nocif, car l'observation était de trop peu de durée pour prendre une signification quelconque à ce point de vue. Mais nous avons, pour conclure à l'innocuité de ces doses modérées, l'observation qui se dégage de l'usage séculaire des boissons fermentées dans divers pays.

Il n'est pas douteux que le développement de l'alcoolisme coïncide avec le moment où l'alcool distillé a pu être fabriqué à un prix assez bas pour entrer dans la consommation ; mais, d'autre part, il n'est pas du tout démontré que l'alcoolisme soit le résultat du *supplément* d'alcool jeté, à partir de cette époque, dans la consommation. Tout porte à croire que le fléau est bien plutôt dû aux formes sous lesquelles cet alcool supplémentaire est absorbé.

En admettant, suivant l'opinion médicale dominante, l'innocuité d'une consommation quotidienne de 1 litre de vin à 8 ou 9° pour un homme sain, ou l'équivalent en boisson fermentée : cidre ou bière, la consommation annuelle sera d'environ 30 litres d'alcool pur. Qu'on remarque combien cette quantité est élevée par rapport à celle de l'alcool distillé et il apparaîtra comme peu probable que le *supplément* soit suffisant pour expliquer l'intensité du fléau alcoolique. C'est donc que la forme d'absorption, concentration ou principes aromatiques ajoutés, joue un rôle énorme dans le développement du mal.

Il est certain qu'un tempérant, usant volontiers d'un litre de vin par jour, ne se verrait pas sans effroi obligé d'absorber sous la forme d'eau-de-vie ordinaire tout l'alcool contenu dans sa ration quotidienne. En présence du quart de litre d'eau-de-vie que cela fait en réalité, *instinctivement* il jugerait qu'un pareil régime lui ferait mal, et nous croyons fermement, bien que la chose n'ait pas été démontrée expérimentalement, que cela le conduirait rapidement à l'alcoolisme.

A côté de la dose, il faut donc considérer la forme d'absorption.

Ingéré à raison de 1 gramme par kilog du poids du corps, par jour, en solution étendue et en plusieurs fois, l'alcool n'a pas d'inconvénients et constitue une substance alimentaire analogue au sucre et à l'amidon, mais de plus grande valeur sous le même poids. C'est là un chiffre qui ressort de l'observation et que confirment pleinement les expériences d'Atwater et Benedict. A cette dose, son énergie potentielle est bien utilisée.

En sera-t-il de même pour des doses plus fortes? L'utilisation de l'énergie sera-t-elle proportionnelle aux doses ingérées? Nous répondons sans hésitation que non. A partir du moment où l'action se fait sentir sur le cerveau, où l'ivresse apparaît, l'utilisation de l'énergie faiblit, et les expériences de Chauveau ont pour nous le grand mérite d'avoir démontré ce fait pour une dose de 2 gr. 50 par kilog de poids du corps prise en une seule fois.

Si l'on peut, en effet, différer d'avis sur l'interprétation des résultats des expériences de M. Chauveau, il n'est pas possible de contester les résultats eux-mêmes annoncés par cet éminent physiologiste. Il est donc certain qu'à 2 gr. 50 par kilog, l'énergie potentielle de l'alcool ne se retrouve presque pas en travail. Cela nous permet d'établir que 2 gr. 50 est une dose nocive, parce que non utilement transformable, et d'ajouter que la dose physiologique, non nocive, doit être très notablement inférieure à celle-là d'après les effets observés par M. Chauveau sur le rendement en travail.

En somme, nous avons maintenant un champ de recherches plus limité pour déterminer la dose utile, et de nouvelles expériences pourront solutionner le problème définitivement.

Toutefois, il est acquis que les abstinents ont tort lorsqu'ils disent : « l'alcool est un poison, l'alcool ne nourrit, ni ne réchauffe ». La vérité est que l'alcool est un aliment, un producteur d'énergie.

Qu'il présente des dangers, soit. Qu'il faille lutter contre l'abus auquel on se laisse si facilement entraîner avec ce grand tentateur, ce n'est pas douteux, mais nous pensons qu'il faut combattre en restant dans la vérité scientifique. Les affirmations inexactes sont dangereuses, parce qu'on en reconnait bientôt la vanité, et parce qu'elles ébranlent la confiance du public dans la science.

L. Roos,
Directeur
de la Station œnologique
de l'Hérault.

E. Hédon,
Professeur de Physiologie
à la Faculté de Médecine
de Montpellier.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Moreau (Georges), *ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École nationale des Mines de Paris.* — **Théorie des Moteurs à gaz.** — *1 vol. in-8°, de 224 pages et 38 figures.* (*Prix* : *12 fr.*) *Librairie Polytechnique Ch. Béranger. Paris*, 1902.

M. Moreau a fait, au commencement de l'année 1902, une série de conférences sur la Théorie des moteurs à gaz dans les salons de l'Automobile-Club de France ; de nombreux auditeurs ont suivi ces réunions, et c'est pour déférer à leur désir que l'auteur a livré ses savantes leçons à la publicité. Les ingénieurs, qui s'intéressent aux moteurs à gaz, se féliciteront de ce que M. Moreau se soit donné la peine de rédiger ces substantielles communications, car la littérature des moteurs s'est enrichie d'un excellent livre.

Le but de cette belle étude est « d'analyser les phénomènes qui, sous une forme quelconque, déterminent, altèrent ou accompagnent le fonctionnement d'un moteur, abstraction faite de la forme des organes et des dispositifs adoptés ». Ce n'est donc pas seulement une théorie *générique* que M. Moreau entreprend d'établir; mais, suivant la méthode de Hirn, il veut la compléter par les considérations plus réelles et moins fictives que le maître appelle la théorie *expérimentale* : l'objectif est donc fort large. Malgré cela, l'auteur n'hésite pas à reconnaître que cette théorie « fournit non pas des résultats absolus, mais des indications, qu'elle ouvre certains chemins, qu'elle ferme certaines voies, bref, qu'elle limite le temps des essais et le champ des expériences en montrant de quel côté il faut se diriger et quelles routes conduisent à des impasses ». Nous applaudissons à cette manière de voir qui est la seule vraie et la seule féconde. Peut-on se targuer d'une rigueur mathématique dans des calculs qui reposent sur un grand nombre de fictions et d'hypothèses et pour lesquels on fait usage de données notoirement inexactes et incomplètes? N'est-ce pas une illusion que de prétendre déterminer exactement des formules de rendement dans ces conditions? Que nous importe, d'ailleurs, la valeur absolue de ces rendements? Ce qu'il nous faut, ce sont des résultats comparables; nous avons besoin de mettre en parallèle les divers cycles, de reconnaître leurs avantages relatifs, d'analyser les effets de telle ou telle opération ou suite d'opérations. Ce ne sont pas des formules qu'on demande, mais de la lumière, une lumière qui éclaire la question, qui illumine les recherches et permette aux prospecteurs de ces vastes champs de s'orienter et de ne pas s'égarer. M. Moreau l'a compris et ses études contribueront efficacement à l'amélioration des moteurs.

Après avoir rappelé les éléments indispensables de Thermodynamique, l'auteur examine les variations des éléments supposés fixes, et il entre dans le vif de la question au chapitre IV. Dans la catégorie des moteurs à deux temps, il place ceux qui n'admettent de mélange que pendant une partie de la course, la compression s'effectuant dans un cylindre séparé, alors qu'il suppose, au contraire, dans les moteurs à quatre temps une course d'admission et de compression égale à celle de détente et de décharge : cette distinction n'est pas exacte, attendu que, dans les moteurs Atkinson et les similaires, l'inégalité des courses coïncide avec le fonctionnement à quatre temps. J'ai démontré que ce dernier cycle est plus parfait que l'autre, connu sous le nom d'Otto, dans lequel la détente est nécessairement incomplète. Je m'étonne aussi de voir que la détente est supposée limitée dans les moteurs à combustion : mais on y est amené sans doute par le désir de se mettre dans les conditions du cycle d'Otto. Les moteurs atmosphériques et les moteurs rotatifs sont l'objet de paragraphes spéciaux très intéressants.

Le chapitre V, consacré aux corrections à apporter aux cycles théoriques, permet de serrer la pratique de plus près. L'influence des parois, celle de la combustion et celle de la forme des cylindres sont bien mises en évidence, et le livre tient à cet égard les promesses de l'introduction. Un examen pratique du régime des moteurs complète les aperçus précédents : cette partie de l'ouvrage est un peu écourtée et l'on pourrait regretter que les premiers chapitres consacrés à la Thermodynamique aient occupé trop de pages au détriment des derniers.

M. Moreau conclut en réclamant « des expériences nombreuses et soignées pour permettre de reprendre à nouveau une analyse qui a besoin d'être perfectionnée ». C'est, en effet, l'expérience, illuminée et guidée par la théorie, qui résoudra les difficultés du problème.

AIMÉ WITZ,
Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

2° Sciences physiques

March (Fr.). — **Action des éthers et cétones monohalogénés sur l'acétylacétone sodée.** *Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — *1 vol. in-8° de 75 pages. Gauthier-Villars, éditeurs. Paris*, 1902.

L'acétylacétone $CH^3.CO.CH^2.CO.CH^3$ est une β-dicétone qui, comme sa formule permet de le prévoir, possède des propriétés réactionnelles extrêmement intenses et nombreuses.

En particulier, l'existence d'un atome d'hydrogène négatif permet d'introduire dans la molécule les radicaux les plus variés, en faisant réagir l'acétylacétone sodée sur des dérivés halogénés convenables.

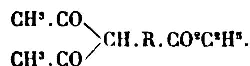
Un grand nombre de ces combinaisons ont été étudiées par A. Combes, Claissen, Nef, etc., et cette méthode générale a conduit à des synthèses remarquables.

Le travail de M. Fr. March vient très heureusement compléter et généraliser ces premières recherches.

En effet, l'action des éthers monohalogénés et des cétones monohalogénées sur l'acétylacétone sodée fournit toute une série de dérivés intéressants que nous allons sommairement passer en revue :

1° *Action des éthers monochloracétique, α-monobromopropionique, β-chloropropionique, bromoisobutyrique* sur l'acétylacétone sodée.

Si l'on opère cette condensation en suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire en présence d'alcool absolu, on n'obtient aucun résultat; il est absolument nécessaire, pour réussir, d'éliminer tout solvant. Pour cela, M. March chauffe au bain d'huile, à une température qui est variable avec les corps réagissants, l'acétylacétone sodée sèche avec un excès d'éther halogéné. On obtient ainsi, avec des rendements assez satisfaisants, les éthers β-dicétoniques de la forme :

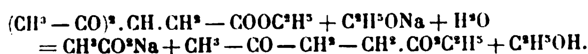


Ces corps sont susceptibles de fournir des sels cristallisés et M. March en a obtenu un certain nombre.

La saponification alcaline, ainsi qu'on peut aisément

le prévoir, les convertit en acides cétoniques $CH^3.CO.CH^2.R.CO^2H$. L'éthylate de soude les change en éthers de ces mêmes acides.

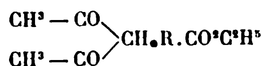
C'est ainsi que le ββ-diacétyl-propionate d'éthyle donne l'éther lévulique :



$$(CH^3-CO)^2.CH.CH^2-COOC^2H^5 + C^2H^5ONa + H^2O = CH^3CO^2Na + CH^3-CO-CH^2-CH^2.CO^2C^2H^5 + C^2H^5OH.$$

Les éthers et acides α-méthyllévulique, β-méthyllévulique, γ-acétylbutyrique, γ-acétyl-γ-méthylbutyrique ont été obtenus d'une façon analogue.

Les éthers



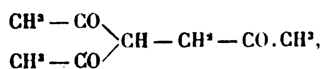
$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix} > CH.R.CO^2C^2H^5$$

se comportent vis-à-vis de l'hydroxylamine et de la phénylhydrazine comme l'acétylacétone elle-même. C'est ainsi que l'on obtient aisément les oxazols, les dioximes et les pyrazols correspondants renfermant une fonction éther, d'où l'on a pu retirer les acides eux-mêmes par saponification.

La semicarbazide agit d'une manière différente. En effet, tandis qu'avec l'acétylacétone on n'obtient jamais que le pyrazol-carbonamide, avec le ββ-diacétylpropionate d'éthyle, par exemple, on obtient à la fois le pyrazol et la disemicarbazone.

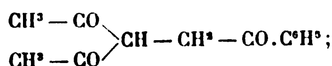
2° *Action de la monochloracétone et de la bromacétophénone sur l'acétylacétone sodée.*

Cette condensation, faite dans les mêmes conditions que précédemment, conduit à deux tricétones, l'acétonylacétylacétone :



$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix} > CH-CH^2-CO.CH^3,$$

et la phénacylacétylacétone :



$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix} > CH-CH^2-CO.C^6H^5;$$

cette dernière a fait l'objet d'une étude particulière.

Elle agit tantôt comme dicétone β, tantôt comme dicétone γ.

En tant que dicétone β, elle se combine à l'hydroxylamine, à la phénylhydrazine et à la semicarbazide en donnant des isoxazols et des pyrazols.

Comme dicétone γ, elle peut fournir un produit de condensation par perte d'une molécule d'eau, l'acétylméthylphénylfurfurane.

En somme, le travail de M. Fr. March est fort intéressant; l'auteur s'est souvent trouvé en présence de difficultés expérimentales fort malaisées à vaincre, et ce n'est que grâce à son habileté et à sa patience qu'il a pu les surmonter.

G. Blanc,
Docteur ès sciences.

Nissenson (H.). — **Einrichtungen von elektrolytischen Laboratorien** (Installations des laboratoires électrolytiques). — 1 *fascicule in-8° de 51 pages avec 32 figures.* (*Prix : 3 fr.*)

Pfanhauser (W.). — **Die Herstellung von Metallgegenständen auf elektrolytischem Wege und die Elektrogravure** (Fabrication électrochimique d'objets métalliques et Electrogravure). — 1 *fascicule in-8° de 146 pages avec 101 figures. (Prix : 8 fr. 75.) W. Knapp, éditeur. Halle-a-S.*, 1903.

Voici deux nouveaux fascicules des « Monographies sur l'Electrochimie » éditées par la maison Knapp. Comme les précédentes, elles sont intéressantes à signaler à l'attention des spécialistes.

La première contient la description des installations des laboratoires électrochimiques (et surtout d'analyse électrolytique) d'Aix-la-Chapelle, Breslau, Claustahl, Darmstadt, Freiberg, Giessen, Hobboken, Kœnigsberg, Leoben, Louvain, Munich, Pensylvania et Stolberg. Ces installations concernent les unes des laboratoires scientifiques, les autres des laboratoires industriels. Ce petit opuscule rendra donc de réels services aux hommes de science aussi bien qu'aux praticiens.

La seconde intéressera surtout les praticiens; l'analyse complète sortirait du cadre de cette *Revue.* Il suffira d'indiquer ici que l'auteur, après avoir étudié les conditions générales du problème, traite successivement de la préparation électrochimique des métaux à l'état de poudre, de feuilles, de fils, de tubes, etc., et enfin des procédés d'électrogravure de Rieder. Une bibliographie abondante, des renvois nombreux aux brevets, dont plusieurs reproduits presque *in extenso*, des devis d'installation et d'exploitation, de nombreuses figures, des tables de constantes numériques feront de cet ouvrage un *vade mecum* nécessaire pour tous les spécialistes en cette matière.

Ph.-A. Guye,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Meunier (Stanislas), *Professeur de Géologie au Muséum d'Histoire naturelle.* — **La Géologie générale.** — 1 *vol. in-8° de 336 pages, avec 42 gravures dans le texte, de la Bibliothèque scientifique internationale.* (*Prix : 6 francs.*) *Félix Alcan, éditeur. Paris*, 1903.

Ce volume complète, avec la *Géologie comparée* et la *Géologie expérimentale*, un ensemble qui résume les points de vue principaux sous lesquels M. Stanislas Meunier considère la science de la Terre. Cet ensemble reproduit l'enseignement que l'auteur a donné dans sa chaire du Muséum, et forme une synthèse de ses conceptions et de ses doctrines sur l'histoire des phénomènes qui ont donné au globe terrestre sa constitution actuelle. L'exposition est ingénieuse ; l'idée de comparer la Terre à un organisme vivant et d'en étudier les manifestations physiologiques permet de grouper les phénomènes d'une façon attrayante, et le style vif et facile de l'auteur augmente encore l'intérêt.

On ne peut que regretter qu'un tel talent d'exposition soit souvent mis au service de bien mauvaises causes, et il faut déplorer que des solutions unanimement abandonnées soient de nouveau reprises ou discutées pour y substituer des doctrines au moins aussi contestables.

C'est ainsi qu'après s'être élevé avec raison contre la tendance à ramener à des dispositions géométriques la distribution des accidents tectoniques, l'auteur propose une notion nouvelle, basée sur la disposition orthogonale des axes continentaux, où l'on voit la direction de l'axe principal de l'ancien continent croiser la direction pourtant si nette des chaînes sud-asiatiques ; ce n'est certes pas un progrès sur la conception du réseau pentagonal ou du tétraèdre.

Les géologues seront sans doute surpris d'apprendre que les formations oolithiques n'ont pour ainsi dire plus de rapports avec les dépôts d'origine coralligène et que c'est presque exclusivement à des actions secondaires, postérieures au dépôt des calcaires, que ces oolithes doivent leur naissance; qu'une telle origine doive être attribuée à un grand nombre de formations oolithiques, cela ne fait de doute pour personne; mais c'est donner aux faits une sérieuse entorse que de repousser à peu près toute assimilation avec des phénomènes qui se passent encore aujourd'hui sous nos yeux.

Il semblait bien aussi que l'accord s'était fait pour repousser toute assimilation entre les *alluvions verticales* du bassin de Paris et des formations éruptives, et que les recherches de Dollfus avaient suffisamment démontré l'origine de ces sables kaoliniques, simple épisode de transport de matériaux granitiques entraînés du Plateau central sur l'emplacement émergé de l'ancien bassin tertiaire. La persistance de M. Stanislas Meunier à considérer ces dépôts comme des formations éruptives est d'autant plus inexplicable qu'il a lui-même tenté de démontrer que les argiles kaoliniques de Pré-

potin près Mortagne fournissent une démonstration remarquable de ces phénomènes d'altération par les eaux souterraines, qu'il désigne sous le nom assez impropre de *sédimentation souterraine*. Ici l'origine sédimentaire ne fait aucun doute, alors même qu'on rattacherait, avec M. Stanislas Meunier, la formation de ces argiles kaoliniques à la décalcification de la craie au lieu d'y voir, ce qui est plus vraisemblable, des dépôts tertiaires analogues à ceux que Dollfus a étudiés dans l'Eure et la Seine-Inférieure.

Nous n'insisterons pas sur les observations auxquelles pourrait donner lieu l'origine des phosphates du Nord de la France (p. 196), la formation des tuffeaux (p. 246), l'action de la nappe d'eau superficielle (p. 103). Nous préférons, en terminant, appeler l'attention sur des chapitres réellement intéressants, tels que les conditions de formation du diluvium des grandes vallées (p. 252) et la fonction glaciaire. A. Bigot,

Professeur de Géologie et de Paléontologie à l'Université de Caen.

Le Brun (Henri). — **L'ancienne France.** — *Etude géographique, historique et littéraire sur les anciennes provinces françaises. — 1 vol. in-8°, de 473 pages. (Prix : 9 fr.) H. Didier, éditeur. Paris*, 1902.

La tâche que s'est donnée M. Henri Le Brun en écrivant ce volume est de celles qui, à les remplir d'une façon vraiment scientifique, demanderaient la vie tout entière d'un homme. Aussi bien l'auteur se défend-il, dans sa Préface, d'avoir tenté œuvre de science définitive; il n'a voulu que faire un travail « d'art, et présenter le tableau de la France... dans ses véritables divisions, à la fois naturelles et historiques ».

L'idée est séduisante; et je ne suis, sans doute, pas le premier à féliciter M. Le Brun d'avoir senti tout le prix des traditions, des persistances de toute nature, par lesquelles l'état présent de la France se rattache à son passé, et y trouve en grande partie son explication. J'ajoute que le livre ne sera point inutile au public des gens affairés et des voyageurs : il leur offrira une quantité considérable de renseignements, dont beaucoup sont, en général, inconnus; il leur servira, après avoir vu, à grouper et à garder leurs souvenirs.

Cependant, quelques réserves sont à faire, qui ont bien leur importance.

Le plan de l'ouvrage comporte des incertitudes qui ne sont pas de pure forme. Les « provinces » de l'ancienne France, à supposer que le terme de *province* représente toujours un être naturel ou historique concret, se groupent en grandes régions, où de communes conditions physiques apparaissent, et dont les parties ont été dans le passé solidaires les unes des autres. Ces groupes supérieurs ne se voient pas nettement dans le livre. On se demande, par exemple, pourquoi l'auteur nous transporte de l'Auvergne en Bretagne (p. 267), ou pourquoi il étudie le Dauphiné (p. 414) entre le Languedoc et le Comtat Venaissin?

Au point de vue géographique, l'individualité de chacun des « pays » ou ensembles de pays formant une « sous-province » ne ressort pas toujours. Cela provient, sans doute, de ce que le livre devance ou méconnaît quelquefois les monographies et articles scientifiques, qui en seraient la matière tout indiquée et dont les résultats ont déjà pénétré dans les manuels d'enseignement. La Flandre et la Lorraine, par exemple, ne se peuvent étudier (même au point de vue de la géographie historique) sans tenir compte des travaux d'un Gosselet et d'un Auerbach.

En ce concerne l'histoire, qui tient une place prépondérante, l'ouvrage de M. Le Brun gagnerait certes à être élagué de bien des détails, dont beaucoup ne sont que curieux. L'abondance des menus faits, des anecdotes, des particularités, masque les idées générales et fait un peu ressembler telles pages à un article de dictionnaire. On voudrait aussi le sacrifice de digressions comme celle sur le rôle historique de Bismarck, à propos de la Lorraine (p. 123), ou sur les Juifs, à propos de l'Alsace (p. 146).

Enfin, l'étude littéraire et artistique d'une province a toujours comporté bien des difficultés. Les œuvres vraiment durables portent, dans tous les cas, la marque d'une époque, d'un milieu et d'un génie donnés; mais la part du « cru » est souvent malaisée à y démêler. Montesquieu n'eût-il pas écrit *L'Esprit des Lois*, s'il était né en Bretagne? Qui le dira, ou qui parviendra encore à dégager d'une manière nette les caractères intellectuels, les dispositions morales, en un mot le tempérament spirituel du Normand en général, du Bourguignon, du Provençal? Dans le même ordre d'idées, on ne peut affirmer que « les Francs-Comtois sont peut-être en France ceux qui rappellent le mieux les Gaulois d'autrefois (p. 159) ». Quand de pareilles questions sont à peu près insolubles au point de vue ethnologique, que dire de généralisations portant sur des faits aussi insaisissables que les faits psychologiques?

Malgré tout, le public saura gré à M. Le Brun d'avoir réuni une telle masse d'indications. Son volume suppose un énorme travail. Et ce sont, d'ailleurs, toujours les efforts intéressants qui prêtent le plus à discussion.

J. Machat,

Agrégé d'Histoire et de Géographie
Professeur au Lycée de Bourges.

Coutagne (G.), *docteur ès sciences*. — **Recherches expérimentales sur l'hérédité chez les Vers à soie** (Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, *tome XXXVII*). — *1 vol. de 194 pages avec 9 planches. Paris, 3, rue d'Ulm*. 1902.

M. Coutagne est déjà connu par des travaux d'une originalité particulière, due en partie à son éducation mathématique, éducation qui devient de jour en jour plus nécessaire au biologiste. Dans la présente thèse, il a abordé les difficiles problèmes de l'hérédité, en utilisant comme matériel des élevages de Vers à soie, poursuivis pendant dix années, de 1888 à 1898.

Avant d'aborder l'examen des résultats, j'indiquerai quelques néologismes intéressants: quand on construit la courbe relative à un caractère donné, on sait que les différents individus forment, soit une série continue avec un seul maximum (taille de l'Homme par exemple), soit une courbe à plusieurs sommets, composée de plusieurs groupes d'individus sans intermédiaires entre eux. L'auteur appelle *taxies* ces groupes distincts; un caractère continu est *monotaxique*; un caractère discontinu est *di-*, *tri-*, *polytaxique*, suivant le nombre de groupes qu'il présente. Les caractères susceptibles de varier d'une façon continue (taille, nuances de couleur, pilosité plus ou moins dense) sont dits *polytropiques*; ceux qui ne peuvent varier que d'une façon discontinue (coquille dextre ou sénestre, nombre de vertèbres, d'étamines) sont dits *oligotropiques*.

Quand on croise deux individus présentant deux modes a et a' d'un même caractère, il peut y avoir chez les hybrides trois manières d'être différentes : il y a *alliance homogène*, quand les hybrides ont un nouveau caractère a'' intermédiaire entre a' et a; il y a *mélange hétérogène* quand les hybrides présentent les uns a, d'autres a', d'autres encore un état quelconque intermédiaire entre a et a'; enfin, il y a *liquation*, quand les hybrides présentent les uns a, les autres a', sans qu'il y ait fusion des deux modes chez aucun des individus.

Comme la grande majorité des auteurs qui s'occupent d'hérédité, M. Coutagne a été amené à reprendre l'hypothèse des particules représentatives, plus ou moins semblables aux pangènes, gemmules, déterminants, etc.; il appelle *mnémons* les petites masses matérielles renfermées dans les noyaux des cellules germinales, qui sont les véhicules des caractères héréditaires. Il admet, comme Weismann, qu'il y a, dans chaque cellule germinale, plusieurs mnémons distincts et différents pour chaque caractère, c'est-à-

dire plusieurs tendances héréditaires différentes pour chaque organe du soma futur; les mnémons d'un même caractère sont en partie éliminés par la division réductrice, ou modifiés par une lutte des mnémons qui se produirait au moment de la fécondation. (Cette hypothèse me paraît à peu près insoutenable; dans un grand nombre de cas, on sait maintenant qu'il n'y a, dans un gamète donné, qu'un seul mnémon par caractère, quelle que soit la complication de la lignée ancestrale).

M. Coutagne montre, conformément aux idées actuelles, que les mnémons, ou les taxies qu'ils représentent, sont indépendants les uns des autres, et qu'on peut prévoir l'existence d'autant de races distinctes qu'il existe de combinaisons possibles entre les caractères. Ainsi les Vers présentent 3 types (blancs, noirs et zébrés), les cocons deux (blancs et jaunes), les Papillons deux (ailes blanches ou noires), ce qui fait 12 combinaisons possibles; et bien, par des croisements judicieux, on peut obtenir 12 races réelles, qui correspondent exactement aux 12 combinaisons théoriques.

Dans ses expériences, M. Coutagne a cherché à augmenter la richesse en soie du cocon, en sélectant à chaque génération les individus les mieux doués sous ce rapport; il est arrivé en dix générations à une amélioration notable; les meilleurs cocons de 1888 avaient une richesse moyenne exprimée par le chiffre de 15,2, tandis que ceux de 1897 atteignaient le chiffre 23. Malheureusement la race *Jaune Défends*, ainsi obtenue, est industriellement inutilisable, en raison d'une tendance à la grasserie et d'une lenteur plus grande de l'évolution, caractères fâcheux qui ont été sélectés fortuitement, en même temps que le caractère utile de la richesse en soie. Mais, au point de vue théorique, cette expérience montre, contrairement à l'opinion de plusieurs biologistes, que la sélection des caractères innés augmente la valeur moyenne du caractère sur lequel elle porte, en d'autres termes qu'elle amène un caractère à se développer à un degré inconnu dans la race non améliorée. (Je partage absolument cette manière de voir.)

M. Coutagne a étudié comment se comportent dans les croisements un certain nombre de caractères, cocon blanc et cocon jaune, Vers blancs, zébrés ou moricauds, Papillons à ailes blanches ou noires, et il est arrivé, pour certains caractères du moins, à une confirmation de la loi de Galton : *tout se passe comme si, dans chaque génération, l'influence d'un ascendant de $n^{ième}$ degré était le quart de celle de chacun des ascendants du $(n-1)^{ième}$ degré;* on peut donc calculer la probabilité pour que les descendants présentent tel ou tel caractère, c'est-à-dire prévoir les proportions relatives des descendants qui présenteront ceux-ci tel caractère, ceux-là tel autre caractère différent du premier.

Il est extrêmement regrettable que M. Coutagne, sans doute en raison de son éloignement d'un centre universitaire, ne connaisse que très peu la bibliographie ancienne sur l'hybridation et pas du tout la nouvelle; les idées directrices qu'il y aurait puisées lui auraient permis d'interpréter d'une façon autrement intéressante les résultats fournis par son riche matériel; les phénomènes de dominance, de disjonction des caractères dans les gamètes, les différents types héréditaires, mis en lumière par les immortels travaux de Mendel, confirmés et étendus par Correns, Tschermak, de Vries, Bateson, Cuénot, etc., sont d'une importance capitale pour la compréhension de l'hérédité; et si M. Coutagne les avait connus, nul doute qu'avec son ingéniosité et ses connaissances mathématiques, il aurait apporté une contribution effective à nos connaissances, et non pas seulement des résultats matériels, qui ne sont peut-être pas très utilisables, l'auteur ne s'étant pas préoccupé des causes d'erreur, ni de la pureté des gamètes de ses progéniteurs. J'ai retrouvé assez facilement de magnifiques applications de la règle de Mendel (type *Pisum-Souris*) dans un certain nombre de lots, et j'ai pu me convaincre que l'élevage, qui confirme en apparence la loi de Galton, obéit en réalité aux règles mendéliennes.

Il y a encore, dans le mémoire de M. Coutagne, bien des discussions intéressantes, d'un caractère théorique, qui ne se prêtent guère à l'analyse, et qu'on lira avec profit dans l'original.

L. CUÉNOT,
Professeur de Zoologie
à l'Université de Nancy.

4° Sciences médicales

Golgi (Camillo), *Professeur de Pathologie générale à l'Université de Pavie.* — **Opera omnia.** — 3 *vol. in-8° de* 1258 *pages avec* 51 *planches.* (*Prix :* 90 *fr.*) *U. Hœpli, éditeur. Milan,* 1903.

Toute une vie consacrée à la science se déroule sous les yeux du lecteur qui parcourt ces volumes, publiés par les élèves du savant italien, comme témoignage d'admiration et d'estime envers leur maître.

Une grande partie des travaux de Golgi regardent le système nerveux; ils sont maintenant classiques. Tout le monde sait que la méthode d'imprégnation noire, due à Golgi, a fait accomplir les progrès les plus surprenants et les plus inattendus dans la connaissance du système nerveux. De nos jours on est allé, peut-être, trop loin dans l'interprétation théorique des faits observés; mais le voile qui nous cachait la constitution microscopique de l'écorce cérébrale commence à s'entr'ouvrir.

Une place d'honneur revient aussi aux recherches sur la *malaria.* Golgi a réussi à établir le parallélisme intime qui existe entre les manifestations cliniques de la maladie et le cycle de vie des parasites qui en sont la cause; il a reconnu que ces parasites appartiennent à des variétés zoologiques distinctes, si bien qu'il nous est devenu possible de diagnostiquer les différentes infections paludéennes par le seul examen microscopique du sang; enfin, il a étudié le mode d'action des sels de quinine, et a précisé la meilleure méthode à suivre pour les administrer aux malades.

Les autres travaux de Golgi intéressent les chapitres les plus variés de l'Histologie normale et pathologique. Je rappellerai ceux qui concernent : la structure, la regénération et les altérations des muscles striés; les altérations histologiques qui se produisent pendant la rage, la chorée, la variole, les néphrites, l'hypertrophie compensatrice du rein ; la structure des glyomes et des psammomes; les altérations des lymphatiques du cerveau, etc. — Dignes d'être mentionnées, malgré leur date ancienne, sont aussi les nombreuses recherches sur l'étiologie des maladies mentales.

Une activité si multiforme et les résultats théoriques et pratiques qu'elle a engendrés imposent à tous respect et admiration.

L. VERNEY,
Docteur ès sciences.

5° Sciences diverses

Colson (C.). *Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Conseiller d'État.* — **Cours d'Economie politique,** *professé à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.* (3 *vol. grand in-8°*) : *Tome I:* **Exposé général des phénomènes économiques. Le travail et les questions ouvrières.** — 1 *vol. de* 600 *pages. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1903.

Cet ouvrage, que nous signalons ici parce qu'il est destiné aux Ingénieurs, renferme, sous une forme bien prolixe, l'exposé des idées qui ont cours actuellement au sujet des principaux phénomènes économiques, du travail et des questions ouvrières.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mai 1903.

M. **Munier-Chalmas** est élu membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. Hautefeuille, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. **W. Stekloff** démontre que toute fonction *f* admettant une dérivée du premier ordre, bornée et intégrable dans l'intervalle (— 1, + 1), se développe, dans tout intervalle intérieur à l'intervalle donné, en série uniformément convergente procédant suivant les polynomes de Jacobi. — M. **P. Montel** communique ses recherches sur l'intégrabilité d'une expression différentielle. Il répond affirmativement à la question, posée par M. Painlevé, de savoir si une fonction de plusieurs variables, analytique par rapport à chacune d'elles, est analytique par rapport à l'ensemble de ces variables. — M. **A. Pellet** donne une nouvelle démonstration d'un théorème de Lejeune-Dirichlet. — M. **L. Raffy** a obtenu la détermination entièrement explicite des surfaces qui présentent un réseau doublement cylindré par des formules où ne figure aucun signe de quadrature. — M. **M. Servant** a résolu complètement le problème suivant : Déterminer un couple de surfaces S et S_1 tel que, à toute asymptotique virtuelle de S, corresponde une asymptotique virtuelle de S_1.

2° Sciences physiques. — M. **E. Ariès** démontre les propositions suivantes : Dans un élément de transformation réversible qui s'exécute à pression constante ou à volume constant, la température du système augmente ou diminue suivant que ce système absorbe ou dégage de la chaleur. Dans un élément de transformation réversible qui serait isothermique ou adiabatique, le volume du système augmente ou diminue suivant que la pression supportée par le système diminue ou augmente. — M. **A. Angot** a vérifié, par des observations faites pendant dix ans à la Guadeloupe, la relation établie par M. Nordmann entre les variations simultanées des taches solaires et des températures terrestres. — M. **R. Blondlot** a constaté que la flamme d'un bec de gaz annulaire, une lame d'argent chauffée au rouge naissant, émettent des radiations analogues à celles qui se rencontrent dans l'émission d'un bec Auer, c'est-à-dire capables de traverser le bois, les métaux, etc. Ces rayons, dit *rayons n*, ont la propriété d'accroître l'éclat de la phosphorescence d'un corps déjà rendu phosphorescent par insolation. — M. **F.-L. Perrot** a trouvé la valeur 1,342 comme rapport des conductibilités thermiques du bismuth cristallisé. — M. **G. Ferrié** a constaté que la longueur d'onde des oscillations produites dans une antenne au cours de la télégraphie sans fil et la capacité de cette antenne augmentent avec la longueur de l'antenne, le nombre et l'écartement des fils qui la constituent. — M. **A. Lafay**, en étudiant la polarisation de la lumière diffusée par réfraction, a reconnu l'existence de directions focales de réfraction, absolument analogues à celles que M. Gouy a observées pour la réflexion. — M. **A. Leduc** a constaté expérimentalement que le cuivre réduit retient de l'hydrogène à l'état de combinaison ; le passage de quelques litres d'air sur du cuivre chauffé au rouge, tout en assurant son oxydation superficielle, y laisse subsister une quantité d'H appréciable. — M. **P. Lebeau** a observé que, sous l'action de la chaleur, le carbonate de lithium commence à se décomposer vers 600°; déjà à cette température, l'oxyde de lithium possède une tension de vapeur telle qu'il peut être complètement volatilisé. — M. **H. Moissan** a obtenu, avec le césium et le rubidium, des carbures de formule C^2R^2 et des acétylures acétyléniques $C^2R^2.C^2H^2$, comparables aux dérivés des autres métaux alcalins. Ces nouveaux carbures décomposent l'eau froide en donnant un alcali et un dégagement de gaz acétylène pur; ce sont des réducteurs très énergiques. Quant aux acétylures acétyléniques, ce sont de véritables corps explosifs qui, dans les réductions, fournissent des réactions très violentes. — MM. **A. Brochet** et **G. Ranson** ont reconnu que l'électrolyse du sulfure de baryum avec diaphragme constitue un procédé simple de fabrication de la baryte hydratée, n'exigeant qu'une très faible dépense d'énergie. — M. **V. Grignard**, en faisant réagir l'oxyde d'éthylène sur les combinaisons organo-magnésiennes RMgX, a obtenu avec d'excellents rendements le deuxième homologue supérieur de l'alcool ROH. — MM. **Ch. Moureu** et **M. Brachin**, en faisant réagir, sur les acétones acétyléniques, l'hydrazine ou la phénylhydrazine, ont obtenu dans chaque cas, avec des rendements presque quantitatifs, les pyrazols correspondants. — M. **R. Lespieau** a préparé l'acide 3:4-dibromobutanoïque, $CH^2Br.CHBr.CH^2.COOH$, F. 49°-50°. Celui-ci s'obtient également en fixant 2 Br sur l'acide vinylacétique; celui-ci est donc $CH^2:CH.CH^2.COOH$, et, comme il diffère de l'acide isocrotonique, ce dernier ne saurait être représenté par la même formule. — M. **A. Haller** signale, dans la série du camphre, de nouveaux exemples de l'influence qu'exerce, sur le pouvoir rotatoire de molécules cycliques, l'introduction de doubles liaisons dans les noyaux renfermant le carbone asymétrique. Il a vérifié le même fait dans la série de la méthylcyclohexanone. — MM. **A. Hollard** et **Bertiaux** décrivent des procédés de séparation électrolytique : 1° du manganèse et du fer; 2° de l'aluminium et du fer ou du nikel; 3° du zinc et du fer. — M. **H. Causse** a étudié le phénomène de la recoloration du leucochlorhydrate du violet de méthyle dans l'eau additionnée d'acide sulfureux. Les deux principaux facteurs de la recoloration sont le carbonate calcaire et l'oxygène dissous. — MM. **A. Etard** et **A. Vila** ont retiré, des produits d'hydrolyse sulfurique du muscle de veau simplement faisandé, une grande quantité de cadavérine. La présence de cette base dans une viande simplement faisandée explique les accidents qu'elle peut causer comme aliment.

3° Sciences naturelles. — MM. **André Broca** et **D. Sulzer** ont reconnu qu'il faut dépenser une énergie lumineuse d'autant plus grande sur la rétine pour lui permettre de distinguer une forme que le point considéré est plus éloigné du point de fixation. — MM. **J.-P. Bounhiol** et **A. Foix** décrivent un appareil pour la mesure des échanges respiratoires en milieu aquatique. — M. **L. Bordas** donne la description des glandes mandibulaires des larves de quelques Lépidoptères (*Acherontia Atropos*, *Pieris brassicae*, *Stauropus fagi*). Elles sécrètent un produit à odeur forte qui sert, sans doute, à protéger l'animal en éloignant ses ennemis. — MM. **C. Vaney** et **A. Conte** ont trouvé sur l'Altise de la vigne un nouveau parasite, la larve d'un Diptère, le *Degeeria funebris;* il occasionne la castration parasitaire totale de l'hôte, suivie de mort; il deviendra donc un auxiliaire précieux du viticulteur. — M. **A. Loir** recommande la circulation du gaz sulfureux, à l'aide d'un appareil Clayton, dans les galeries des termites comme un excellent moyen de destruction de ces insectes. — MM. **L. Ravaz** et **L. Sicard** ont établi que la brunissure de la vigne est le résultat d'une fructification exagérée.

Les grappes en excès drainent les principes fertilisants et les matières hydrocarbonées des plantes et provoquent l'épuisement des tissus. — **M. P. Ledoux** a remarqué, chez les Légumineuses, que la suppression expérimentale de la gemmule et d'un cotylédon provoque l'apparition d'un rameau endogène, où les caractères de régression tendent à reproduire les phénomènes morphologiques de la germination normale. — **M. Em. Marchal** a reconnu qu'il n'existe, chez l'*Erysiphe graminis*, aucune différence entre le caractère parasitaire des ascospores et celui desconidies. La spécialisation du parasitisme, chez cette espèce, est définitive. — **M. P.-A. Dangeard** a observé qu'il n'existe dans le genre *Monascus* aucune autre fusion nucléaire que celle qui a lieu à la naissance de l'asque. — **M. J. Villard** a constaté que les zoochlorelles d'*Hydra viridis*, comme celles de *Paramecium Bursaria* et de *Stenor polymorphus*, présentent une structure cellulaire avec un noyau bien défini, puis des corpuscules métachromatiques, qui permettent de les identifier complètement à de petites algues unicellulaires. — **M. R. Dubois** a obtenu des mycéliums truffiers en faisant germer des spores de truffe sur des tissus végétaux vivants. — **M. L. Vaillant** a reconnu que les caractères d'affinités multiples du *Mesosaurus tenuidens* s'étendent à d'autres groupes par la considération du revêtement épidermique et post-épidermique, qui fait entrevoir les rapports de ce Saurien avec les Ophidiens et les Batraciens stégocéphales.

Séance du 2 Juin 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. Em. Picard** communique ses recherches sur certaines singularités des équations linéaires aux dérivées partielles de type elliptique. — **M. Mesuret** démontre que les lignes de courbure circulaires des surfaces-enveloppes de variétés sphériques unicursales à une dimension, d'ordre inférieur ou égal à 5, peuvent faire partie d'un système Δ_8. — Le **P. Colin** adresse les observations astronomiques et magnétiques qu'il a faites à Madagascar en 1902 et 1903. A Tananarive, les trois éléments magnétiques ont diminué depuis une année.

2° Sciences physiques. — **M. F. Beaulard** a déterminé le coefficient de Poisson pour un fil de soie formé d'un seul brin. La valeur étant bien supérieure à celle qu'exige la théorie, il n'y a pas de doute que la soie ne soit anisotrope. — **M. G. Meslin** a constaté qu'aucun corps cristallisant dans le système cubique ne donne lieu en solution aux phénomènes de dichroïsme magnétique ou électrique. Ce fait confirme la théorie, qui attribue le dichroïsme à des réfractions et à des réflexions produites par des lamelles cristallines anisotropes. — **M. A. Lafay** a reconnu que l'effet observé par Maggi est dû à un phénomène de convection à l'abri duquel il conviendra de se mettre toutes les fois que l'on étudiera la conductibilité des corps dans le champ magnétique. Dans un champ intense, la conductibilité du fer subit très probablement une diminution appréciable, mais dont la valeur est à très peu près la même quelle que soit l'orientation mutuelle des flux magnétique et calorifique. — **M. G. Ferrié** étudie le mode le plus avantageux d'utilisation de l'énergie pour les transmissions de télégraphie sans fil. — **MM. Korn** et **Strauss** ont observé que l'impression photographique produite par le plomb radio-actif est bien plus intense quand la substance a été soumise préalablement à l'action des rayons cathodiques. Par contre, le pouvoir de décharger les corps électrisés n'est généralement pas augmenté. — **MM. P. Curie** et **J. Daune** ont reconnu que l'émanation du radium se diffuse dans l'air comme un gaz qui serait mélangé à l'air en petite proportion. Le coefficient de diffusion est intermédiaire entre ceux de l'anhydride carbonique et de la vapeur d'éther. — **M. Ch. Renard** signale les expériences faites à Chalais par M. G. Claude dans le but de purifier l'hydrogène industriel par le froid, qui condense la plus grande partie des impuretés. Vers — 130°, tout l'hydrogène arsénié a été éliminé. — **M. L. Guillet** a constaté que la vitesse de pénétration du carbone dans les aciers au cours de la cémentation dépend de la température, du temps et de la réaction chimique que le cément peut produire; les aciers à fer γ se cémentent à des températures auxquelles les aciers au carbone n'éprouvent aucune modification. — **M. G. Belloc** a observé que les gaz occlus sont nécessaires pour amorcer la décarburation des aciers; mais cette dernière exige, pour être continuée, l'intervention d'une énergie auxiliaire, soit électrique, soit chimique. Après le départ des gaz occlus, la résistance électrique diminue de 12 °/₀. — **M. D. Gernez** a reconnu que les deux espèces de changements d'état de l'iodure mercurique rouge, soit par volatilisation, soit par dissolution, amènent ce corps à la variété instable jaune, même lorsqu'ils sont effectués aux températures où l'iodure rouge est la figure d'équilibre stable, si basse que soit la température. — **M. H. Baubigny** a constaté que la quantité de persulfate nécessaire pour opérer la précipitation en liqueur acide d'un poids déterminé de Mn ne dépend pas sensiblement du volume de la solution, mais bien de l'acidité du milieu, prise en valeur relative et non en valeur absolue. — **M. O. Boudouard** confirme, par la métallographie microscopique et l'analyse chimique, les résultats déduits de l'étude des courbes de fusibilité des alliages de Cu et Mg, à savoir l'existence de trois combinaisons définies Cu^2Mg, CuMg et $CuMg^2$. — **MM. P. Lebeau et J. Figueras**, en faisant réagir le silicium au four électrique sur un mélange de cuivre et de chrome, ont réussi à préparer quatre siliciures de chrome : $Si\,Cr^3$, $SiCr^2$, Si^2Cr^3 et Si^2Cr. — **M. C. Marie** a reconnu que la double liaison éthylénique est susceptible de fixer de l'hydrogène par électrolyse en donnant des corps saturés. — **M. P. Lemoult**, en traitant le tétrabrométhane par l'éthylate de Na, a obtenu le tribrométhane $CHBr{:}CBr^2$; celui-ci, traité par KOH alcoolique, fournit à son tour l'acétylène bibromé $CBr{\equiv}CBr$, liquide spontanément inflammable à l'air et explosible. — **MM. A. Bach** et **F. Battelli** admettent que la dégradation des hydrates de carbone dans l'organisme se fait par deux séries de réactions chimiques qui alternent; elles sont déterminées par les effets catalysateurs de deux espèces différentes d'enzymes : les enzymes dédoublantes ou hydrolysantes et les enzymes oxydantes.

3° Sciences naturelles. — **MM. A. Imbert** et **J. Gagnière** ont étudié les caractères graphiques de la fatigue dans les mouvements volontaires chez l'homme. Les deux vitesses de contraction et de relâchement diminuent progressivement; mais, suivant les sujets, l'une diminue beaucoup plus rapidement que l'autre. — **M. P.-A. Dangeard** a observé, chez le *Pyronema confluens*, qu'il n'y a aucun échange de noyaux entre l'anthéridie et l'ascogone; aucune fusion nucléaire n'a lieu à ce stade du développement. — **M. L. Matruchot** donne les caractères du mycélium truffier qu'il a obtenu et qui diffère essentiellement de celui de M. Boulanger : il est blanc, puis rose, puis roux brunâtre; il est régulièrement cloisonné, jamais très fin et ne présente aucune forme conidienne. — **M. C. Houard** a constaté, chez toutes les pleurocécidies qu'il a étudiées, que le parasite engendre une action cécidiogène qui se traduit par des phénomènes d'hypertrophie et d'hyperplasie cellulaire. L'action cécidiogène se fait sentir, autour du parasite, avec une égale intensité dans toutes les directions; elle est maximum à une certaine distance. — **M. B. Renault** a reconnu que les bogheads ont été formés par l'accumulation, au fond de lacs anciens, d'Algues gélatineuses (*Pilas*, pour l'hémisphère boréal; *Reinschia*, pour l'hémisphère austral). La présence constante de Bactériacées sur la paroi des cellules de ces Algues montre qu'elles ont joué un rôle dans leur transformation. — **M. A. de Lapparent** signale la découverte de deux fossiles au Damerghou : l'un est une Exogyre crétacée, l'autre une Ammonite de la fin du Turonien. La mer crétaçée a donc recou-

vert cette partie de l'Afrique. — M. A. **Bigot** a étudié au point de vue géologique le pays de Cinglais (Calvados) : c'est un plateau de Jurassique inférieur décalcifié, surmontant une pénéplaine de terrains paléozoïques. — M. J. **Roussel** décrit les recouvrements survenus dans la partie surélevée des Pyrénées. — M. **Giraud** adresse des renseignements sur l'état actuel du volcan de la Montagne-Pelée. Il traverse toujours une phase d'activité assez grande.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 26 Mai 1903.

M. A. **Laveran** présente un Rapport sur un travail de M. J. **Michon** relatif à la prophylaxie du paludisme par la quinine. L'auteur a administré du chlorhydrate de quinine à titre préventif tous les trois jours pendant un mois à des vendangeurs qui travaillaient dans une région de la Corse infestée d'*Anopheles* et passaient la nuit en plein air : il n'y a pas eu un seul cas de fièvre. La protection mécanique par des toiles métalliques sera, d'après le rapporteur, un auxiliaire précieux à l'usage de la quinine. — M. **Bouloumié** lit un travail sur la sphygmotonométrie clinique. — M. **de Lapersonne** communique un travail sur les paralysies traumatiques des muscles de l'œil d'origine orbitaire. — M. **Delacour** lit un mémoire sur l'état général dans l'ozène vrai.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 23 Mai 1903.

M. A. **Ferrannini** prépare un suc gastrique naturel ou *gastrocradine* par macération chlorhydrique de la muqueuse gastrique de porc ou de brebis; elle est très riche, soit en pepsine, soit en présure. — M. Ch. **Richet** a observé que le foie broyé, filtré et abandonné à lui-même en présence de fluorure de sodium qui supprime toute action microbienne, mais n'entrave pas l'action des ferments solubles, subit l'autodigestion de l'albumine; au bout de quinze jours, la moitié environ de celle-ci a disparu. — MM. P. **Thaon** et A. **Quilliot** ont constaté, pendant la convalescence d'une scarlatine, une albuminurie à type orthostatique. Dès que le malade se lève, l'albuminurie se produit aussitôt et avec son maximum, pour décroître progressivement et même disparaître plusieurs heures avant que le malade se mette au lit. — MM. Edm. et Et. **Sergent** ont reconnu l'existence d'*Anopheles* dans des localités palustres de l'Algérie prétendues indemnes de Culicides. — M. **Pron** a reconnu que les battements aortiques abdominaux chez les dyspeptiques sont dus à l'irritation des plexus nerveux abdominaux qui innervent l'estomac et qui entourent le tronc cœliaque et ses branches. — M. F.-J. **Bosc** constate que le virus claveleux fait subir au tissu conjonctif des modifications caractérisées essentiellement par une prolifération karyokinétique des cellules fixes avec hypertrophie consécutive et par des lésions d'endopérivascularite; les formations qui en résultent présentent une analogie frappante avec les néoformations syphilitiques. — MM. A. **Gilbert** et P. **Lereboullet** mettent en évidence l'existence chez certains sujets de canaliculites microbiennes multiples dues à l'auto-infection des conduits glandulaires. — M. Ch. **Féré** a observé la coïncidence d'intermittences du pouls avec la présence d'indican dans l'urine.

Séance du 30 Mai 1903.

M. H. **Cristiani** a pratiqué des greffes thyroïdiennes sur organes transparents, comme le pavillon de l'oreille chez les animaux blancs. Ce procédé est très avantageux pour l'étude macroscopique. — MM. E. **Berger** et R. **Lœwy** ont reconnu que l'occlusion incomplète des paupières dans la paralysie faciale est due à la contracture du releveur de la paupière supérieure innervée par la troisième paire, contracture survenue à la suite de la paralysie de son antagoniste, l'orbiculaire des paupières. — MM. M. **Doyon** et A. **Morel** ont étudié l'action saponifiante du sérum sur divers éthers. Ils ont constaté, d'autre part, une diminution de l'extrait éthéré dans le sang laqué par l'eau distillée. — M. J. **Noé** a étudié les variations de la résistance du hérisson à la morphine au cours de l'année. La résistance est minimum en été, maximum en novembre. — MM. F. **Thiercelin** et L. **Jouhaud** ont constaté que l'entérocoque peut se reproduire au moyen de petits corpuscules, les microblastes, qui se détachent de la cellule-mère et se développent indépendamment d'elle; d'autre part, la division des éléments peut être précédée de la formation de taches centrales, dont le développement ultérieur donne naissance aux éléments jeunes. — M. F. **Marino** décrit un procédé pour l'étude des granulations leucocytaires, considérées comme substances actives des sérums immunisants. — MM. C. **Delezenne** et E. **Pozerski** ont reconnu que le sérum de chien, traité par le chloroforme pendant quelques heures à 39°, puis débarrassé de cette substance, possède la propriété d'attaquer directement la gélatine et la caséine. L'action protéolytique de ce sérum peut être empêchée par de très faibles doses du sérum normal correspondant. D'autre part, les mêmes auteurs montrent l'existence, dans le sérum, à côté de l'antikinase, d'une diastase ayant les mêmes propriétés que le ferment du suc intestinal.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 19 Mai 1903.

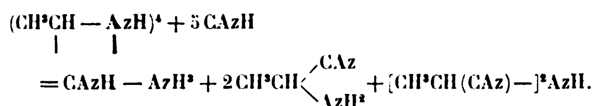
MM. A. **Raybaud** et L. **Vernet** ont observé la présence de globules rouges nucléés dans un cas d'infection généralisée chez le nouveau-né. — MM. **Bruneau** et **Aubert** cherchent à expliquer par l'embryogénie la présence des brides intravasculaires; celles-ci peuvent être l'origine d'une série de complications amenant la mort. — M. J. **Cotte** croit pouvoir affirmer que les Éponges n'élaborent pas d'amidon, tout au moins celles qui ne vivent pas en commensalisme ou en symbiose avec les Algues. — M. L. **Bordas** a étudié l'appareil digestif de l'*Arctia caja* L., caractérisé par le grand développement des glandes salivaires et des tubes de Malpighi.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

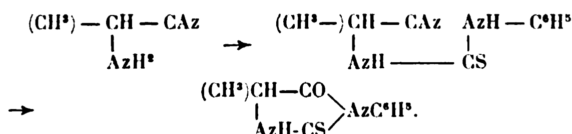
Séance du 22 Mai 1903.

M. **Féry** décrit un nouveau pyromètre. — M. **Marquis** décrit un appareil pour le dosage de l'azote. — M. Gab. **Bertrand** présente un régulateur de pression et un séparateur pour distillations fractionnées sous pression réduite. Ces appareils ont été construits sur ses indications par M. Berlemont. — M. Gab. **Bertrand** montre ensuite par une série d'expériences qu'il existe des quantités appréciables d'arsenic dans l'œuf des oiseaux (environ 1/200 de milligramme dans un œuf de poule). Le jaune est le plus riche; il renferme, vraisemblablement sous forme d'arséniolécithine, depuis la moitié jusqu'aux deux tiers de l'arsenic contenu dans l'œuf. Le blanc est, au contraire, le plus pauvre. Dans la coquille, l'arsenic semble contenu à l'état d'arséniate calcique. La membrane coquillère pèse peu, mais elle est quelquefois très riche en métalloïde. L'auteur a retrouvé aussi de l'arsenic dans la lécithine extraite des graines d'avoine, d'orge et de seigle. De la corne de bœuf, il a pu isoler du phosphate calcique contenant de l'arsenic, sans doute aussi à l'état d'arséniate calcaire. Enfin, il existe, aussi bien dans les œufs que dans les cornes, de l'arsenic combiné à des matières organiques, dont les unes cèdent facilement le métalloïde par hydrolyse acide et dont les autres, au contraire, le retiennent énergiquement. — M. A. **Gautier** expose ses recherches sur le dosage de petites quantités d'arsenic. — MM. A. **Hollard** et **Bertiaux** ont

trouvé un procédé de séparation électrolytique du manganèse à l'état de peroxyde sur l'anode et du fer à l'état métallique sur la cathode. Ils évitent l'entraînement à l'anode du fer avec MnO^2 par l'emploi de SO^2 qui retarde la formation de MnO^2 et qui accélère, au contraire, la précipitation du fer sur la cathode. MnO^2 contient des superoxydes; ceux-ci sont ramenés à l'état de MnO^2 par simple immersion de MnO^2 dans un bain ammoniacal. MnO^2 est dosé volumétriquement, par déplacement de l'iode dans une solution d'iodure de potassium, dissolution de cet iode dans CS^2, puis titrage à l'hyposulfite. L'emploi de SO^2 a encore permis à MM. Hollard et Bertiaux de séparer électrolytiquement Fe de Al, Zn de Fe (ce métal passant à l'état de ferrocyanure de potassium). — M. Hollard présente une note de MM. **Braconnier** et **Chatelain** sur un réfrigérant à boules et double circulation d'eau qu'ils ont construit au laboratoire de l'usine de Dion-Bouton. — M. **Delépine** étudie l'action de l'acide cyanhydrique sur l'aldéhydate d'ammoniaque et l'éthylidène-imine ou aldéhydate d'ammoniaque anhydre. Le résultat est le même; il se produit exactement une molécule de cyanure d'ammonium, deux d'amino-propionitrile et une d'iminopropionitrile, absolument comme si l'on avait :



Une fois de plus, l'auteur est conduit à penser que c'est l'état de polymérisation de l'éthylidène-imine qui est cause de cette réaction complexe. Les dérivés de l'aminopropionitrile avec les éthers phénylisocyanique, méthylisosulfocyanique et phénylisosulfocyanique sont transformés par l'acide chlorhydrique dans les hydantoïnes dont ils sont les nitriles. Exemple :



Par distillation du mélange formé dans la réaction primordiale, on obtient les deux dérivés éthylidéniques de l'amino-propionitrile :

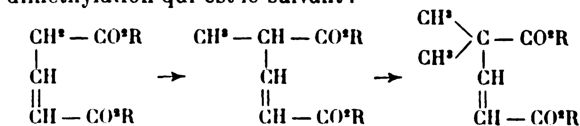


Le premier est liquide (Eb. 153°), le second est solide (F. 75°). — M. **V. Trillat** a envoyé une note sur l'oxydation de l'ammoniaque et des amines par action catalytique.

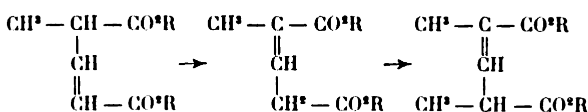
SECTION DE NANCY

Séance du 6 Mai 1903.

MM. **Arth** et **Nicolas** ont déterminé les conditions qui permettent de doser commodément par l'électrolyse de petites quantités d'argent en présence de beaucoup de plomb. L'opération réussit facilement en solution azotique si la tension du courant dont on fait usage ne dépasse pas 1, 1 volt, et si l'électrolyte ne renferme pas trop d'acide libre et un peu d'alcool. — MM. **P.-Th. Muller** et **X. Nicolas**, ayant fait l'étude optique du chlorure de tétraméthylammonium en solution aqueuse, ont trouvé que la réfraction atomique (1,70) de l'azote était notablement plus petite dans ce corps que dans les amines ou l'ammoniaque[1]. La dispersion est aussi très faible, peut-être même négative, entre les raies α et γ de l'hydrogène. Il y aurait donc lieu de distinguer nettement l'azote des amines de celui des bases quaternaires, ainsi qu'on pouvait le soupçonner d'après la théorie de Werner sur la constitution des chlorhydrates d'ammoniaque et d'amines. Les recherches seront naturellement étendues à d'autres séries. — MM. **P.-Th. Muller** et **E. Bauer** ont calculé les constantes d'affinité des dérivés isonitrosés de l'éther acétoacétique et du cyanacétate de méthyle en mesurant la conductibilité de leurs solutions (et des sels de soude) à diverses températures comprises entre 0° et 40°. La variation de ces constantes est considérable, ainsi qu'on l'avait prévu[1], et sensiblement linéaire. L'application de la formule de van t'Hoff fournit la chaleur d'ionisation et, par suite, la chaleur de neutralisation; l'accord est très bon entre le nombre ainsi calculé et celui que donnent les expériences thermochimiques directes. — M. **Minguin** fait connaître les constantes cristallographiques du méthylbromocamphre et du bromométhylcamphre. *Méthylbromocamphre.* Obtenu en traitant le méthylcamphre par du brome, il appartient au système orthorhombique. Les faces observées sont m, e_1, a_1. $mm = 105°30'$; $e_1e_1 = 127°36'$. La relation axiale est 0,76042 — 1 — 0,4921. *Bromométhylcamphre.* Obtenu en fixant HBr sur le méthylène-camphre, il appartient aussi au système orthorhombique. Les faces observées sont m, e_1, a_1. $mm = 105°30'$; $e_1e_1 = 107°$. La relation axiale est 0,76042 — 1 — 0, 73996. On remarque facilement que les faces e_1 du second cristal pourraient appartenir au premier où elles deviendraient $e\,\frac{3}{2}$. — M. **E. Blaise** montre que la méthylation du glutaconate d'éthyle, dans les conditions convenables, donne les acides 2:2-diméthylglutaconique trans, 2:4-diméthylglutaconique trans, 2:2-diméthylglutaconique cis et 2:2:4-triméthylglutaconique. L'éther 2:4-diméthylglutaconique seul peut être méthylé à nouveau pour donner l'éther triméthylglutaconique, tandis que l'éther 2:2-diméthylglutaconique n'est pas susceptible d'être méthylé à nouveau. Ce fait montre que les deux atomes d'hydrogène d'un groupe CH^2 compris entre un atome de carbone éthylénique et un carboxyle sont acides, tandis que l'atome d'hydrogène fixé sur un atome de carbone éthylénique, soudé d'autre part à une fonction acide, n'est pas acide. De là résulte le mécanisme de la diméthylation qui est le suivant :



et



D'autre part, en réduisant, dans les conditions convenables, l'acide 2:2-diméthylglutaconique, M. Blaise a pu réaliser la synthèse de l'acide 2:2-diméthylglutarique avec un excellent rendement. L'acide synthétique et l'acide provenant de l'oxydation des dérivés du camphre fondent à 84°, et non pas à 90°, point indiqué par M. Perkin dans un récent mémoire. — MM. **A. Guyot** et **Granderye**, poursuivant l'étude de la condensation de l'hydrol de Michler avec les amines primaires aromatiques à position *para* occupée, ont condensé la β-naphtylamine en milieux sulfurique et chlorhydrique concentrés. Dans le premier cas, ils obtiennent un composé fondant à 293° qui, diazoté au sein de l'alcool absolu, donne un corps fondant à 285°, identifié avec le produit de condensation de l'hydrol et de la naphtaline. Il ne fournit pas de dérivé fluorénique. Dans le deuxième cas, le corps obtenu fond à

[1] Voir *Bull. Soc. chim.*, 1902, t. XXVII, p. 649, et 1903, t. XXIX, p. 215.

[1] *Bull. Soc. chim.*, 1903, t. XXIX, p. 215.

104°-105° et donne, dans les conditions énoncées dans une précédente note, un dérivé fluorénique. Puisque les produits de diazotation en milieu alcoolique sont différents, il en résulte que, dans la condensation de l'hydrol de Michler avec la β-naphtylamine, la soudure s'effectue dans un cas sur un atome de carbone α, et dans l'autre cas sur un atome de carbone β du noyau naphtalénique. Dans une prochaine communication, les auteurs se proposent d'établir les formules de constitution des corps formés.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 8 Mai 1903.

M. T.-H. **Blakesley** présente et décrit un *spectroscope à vision directe*, d'une seule espèce de verre et de déviation minimum pour tout rayon qui pénètre au centre du champ de visée. — M. J.-D. **Everett** communique un mémoire sur *la mathématique des cellules d'abeilles*. Une cellule simple, ouverte à une extrémité, a neuf faces : trois sont des losanges se rencontrant en un point et six sont les faces d'un prisme hexagonal. Les extrémités pointues d'une couche de cellules s'intercalent entre celles d'une couche opposée, de sorte que chaque losange appartient également aux deux couches. Les centres de tous les losanges sont dans un seul plan. Si h est la distance entre le plan d'une série d'apex et ce plan médian et s le côté de l'hexagone, le côté d'un losange est $\sqrt{s^2+h^2}$, la plus longue diagonale $s\sqrt{3}$ et la plus courte $\sqrt{s^2+4h^2}$. Si le nombre des cellules était infini, le nombre des parois des prismes serait le double du nombre des losanges. Pour avoir la plus grande économie de matière, si un losange a n fois l'épaisseur d'une paroi de prisme, il faut que

$$h - \frac{1}{2}n\sqrt{3}\sqrt{s^2+4h^2}$$

soit maximum pour s constant. On en déduit que les cosinus des angles du losange et les cosinus des angles que la ligne qui termine une face prismatique fait avec les arêtes du prisme sont égaux à $\pm\frac{1}{3}$ si $n=1$. La valeur moyenne, de n déduite de l'observation, est $\frac{3}{2}$, ce qui donne $\pm\frac{7}{16}$ et $\pm\sqrt{\frac{1}{24}}$ pour valeurs des cosinus. Les valeurs $\pm\frac{1}{3}$ doivent correspondre au type normal de cellules d'abeilles. — M. W.-A. **Price** présente une note sur le problème des cartes en couleur. — M. **Watson** communique des essais sur la construction et l'attachement des miroirs de galvanomètres. Avec les miroirs ordinaires en verre recouvert d'argent, l'attachement à la fibre se fait au moyen d'un vernis qui produit de la distorsion. On surmonte cette difficulté en employant du quartz au lieu de verre, et du platine au lieu d'argent. Le quartz est chauffé au rouge après dépôt du platine et peut être ensuite aminci autant qu'on le veut sans distorsion, le quartz fondu n'ayant pas de tensions internes.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 20 Mai 1903.

M. V.-H. **Veley** a reconnu que la décomposition du nitrite d'ammonium en azote et eau a lieu suivant la loi générale : $\log\frac{A}{A-x}=\alpha\theta$, que la réaction suive son cours normal ou qu'elle soit accélérée par une autre substance. La décomposition est ralentie ou arrêtée par l'ammoniaque mis en liberté par l'addition d'un oxyde métallique ; elle l'est également par la présence des amines, hydrazines ou oximes. Au contraire, les amides aliphatiques et une imide, la saccharine, l'accélèrent. — M. J.-C. **Philip** a constaté que les courbes des points de fusion des mélanges binaires de substances organiques se composent, dans le cas le plus simple, de deux branches partant des points de fusion des constituants et se coupant en un point eutectique. Si les deux substances peuvent s'unir pour former un composé, les deux branches sont coupées par une courbe intermédiaire qui peut présenter un sommet : c'est le cas des systèmes phénol-urée, *p*-crésol-aniline, phénol-α-naphtylamine, etc. Le système phénol-*p*-toluidine est particulièrement intéressant en ce que le composé de deux substances existe sous deux modifications, avec une branche intermédiaire correspondant à chaque variété. — MM. G. **Tattersall** et F.-S. **Kipping** ont résolu la β-méthyl-α-hydrindamine dans les deux bases extérieurement compensées dont elle est formée par l'emploi de l'acide *d*-bromocamphresulfonique, qui forme avec chacune des bases *dl* un sel partiellement racémique. La base la plus abondante a été appelée méthylhydrindamine ; son bromocamphresulfonate fond à 160-165°. L'autre est la *néo*-méthylhydrindamine ; son sel fond à 194°. Si l'on traite le sel de la première base par un mélange d'alcool chaud et d'acétate d'éthyle, il se précipite le sel de la base lévogyre, F. 230°, $[\alpha]_D = +45°7$, tandis que le sel de la base dextrogyre, F. 249°, $[\alpha]_D = +71°$, reste en solution. Si l'on soumet à la cristallisation fractionnée le sel de *l*-méthylhydrindamine, on constate qu'il est lui-même un mélange, d'où l'on retire une fraction α*l* ($[\alpha]_D = +47°$) et une fraction β*l* ($[\alpha]_D = +41°$); de même, le sel de *d*-méthylhydrindamine se sépare en α*d* ($[\alpha]_D = +73°$) et β*d* ($[\alpha]_D = +67°$). — MM. W.-R. **Lang** et C.-M. **Carson**, en faisant réagir l'ammoniac liquéfié sur le chlorure de chrome violet, ont obtenu une poudre saumon, d'où l'eau extrait deux composés cristallisables dans le vide, l'un jaune, $Cr^2Cl^6.12\,AzH^3.2H^2O$, l'autre rouge $Cr^2Cl^6.10AzH^3$. — MM. W.-R. **Lang** et E.-H. **Jolliffe**, en faisant réagir la méthylamine sur le chlorure de chrome violet, ont obtenu une poudre soluble dans l'eau et cristallisable, de formule $Cr^2Cl^6.10CH^3AzH^2$. — MM. R.-H. **Pickard** et J. **Yates** ont constaté que le cholestérol est un composé d'un noyau complexe très stable avec une chaîne normale de 19 atomes de carbone ; il donne par oxydation de l'acide arachidique $C^{20}H^{40}O^2$. — M. J.-C. **Brunnich** a recherché à quel âge et dans quelles conditions de croissance les plantes fourragères de la famille du Sorghum sont le plus dangereuses par suite du glucoside à acide cyanhydrique qu'elles contiennent. Le Sorghum ne doit jamais être consommé lorsqu'il est jeune et non arrivé à maturité. — MM. A. W. **Harwey** et A. **Lapworth**, par oxydation de l'acide sulfocampholènecarboxylique par le permanganate, puis fusion du produit avec KOH, ont obtenu un mélange d'acides carboxyliques dont le principal est l'acide αα-diméthylglutarique. Les auteurs en déduisent : 1° que, dans la formation de l'acide sulfocampholènecarboxylique aux dépens de l'α-bromocamphre, la scission a lieu entre le groupe carboxyle et le noyau du triméthylcyclopentane ; 2° que l'acide ne doit pas contenir le groupe : C : CH.CO²H, mais probablement : C.CH².CO²H. — M. A. **Lapworth** a préparé divers dérivés azoïques de l'acétoacétate de menthyle : le phénylazoacétoacétate de menthyle, $C^6H^5Az^2.CH(CH^3CO).CO^2C^{10}H^{19}$, F. 76-77° ; le *p*-tolylazoacétoacétate de menthyle, F. 86-87°, etc. — M. W.-R. **Dunstan** apporte une nouvelle théorie de la formation de la rouille sur le fer. D'après lui, ce processus serait représenté par les équations suivantes : $Fe + O^2 + H^2O = FeO + H^2O^2$; $2FeO + H^2O^2 = Fe^2O^2(OH)^2$. La présence d'eau à l'état liquide est essentielle. Pour le zinc, on peut déceler la présence du peroxyde d'hydrogène pendant la rouille ; cela n'a pas encore été possible pour le fer. La décomposition directe de l'eau par le fer métallique avec dégagement d'hydrogène n'a lieu qu'à haute température ; elle n'est pas affectée par la présence de sels alcalins. L'action de l'acide carbonique aqueux sur le fer en l'absence d'oxygène produit un dégagement d'hydrogène et il se forme du carbonate ou du bicarbo-

nate ferreux; en présence d'oxygène, le sel ferreux est ensuite oxydé. Il y a action électrolytique quand le fer est impur ou en présence d'un autre métal; le métal électropositif est oxydé et il se dégage de l'hydrogène.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 7 Avril 1903.

M. **Ch.-A. Fawsitt** a étudié les térébines et leurs propriétés siccatives. Les térébines sont des liquides mobiles ($d = 0,930$ à 1,040), constitués par des solutions de certaines matières solides dans l'essence de térébenthine. Additionnées aux huiles qui servent à la peinture, elles leur communiquent le pouvoir de sécher plus rapidement. L'auteur recherche l'influence de divers facteurs sur ce pouvoir siccatif. — M. **J. Macgregor** a fait des expériences sur la décoloration des eaux de tourbières par l'alun. Le poids de précipité est pratiquement constant après l'addition d'une certaine quantité d'alun; cependant, le précipité est soluble dans une forte solution d'alun, et la matière colorante ne se précipite pas si l'on ajoute une trop grand quantité d'alun. Après combustion, le précipité contient surtout de l'alumine et de l'oxyde ferrique; la partie volatile renferme au moins 25 °/₀ de carbone. — M. **Ch. A. Fawsitt** communique ses recherches sur l'esprit de bois et son analyse. L'esprit de bois est constitué principalement par de l'alcool méthylique (75 °/₀), puis de l'acétone, de l'acétate de méthyle et de l'acétal diméthylique (ensemble 20 °/₀), enfin de l'aldéhyde, de l'alcool allylique, de la méthylamine, de l'huile et de l'eau (ensemble 5 °/₀). En Angleterre, l'esprit de bois est employé surtout comme dénaturant des alcools. L'esprit de bois commence à distiller aux environs de 62°, mais la distillation n'est complète que vers 98°-100°. L'auteur décrit ensuite les méthodes d'analyse des différents constituants.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 29 Avril 1903.

M. **M. Muspratt** avait préparé avec M. Smith en 1898 des cristaux d'hypochlorite de soude contenant 40 °/₀ de sel et environ 55 °/₀ d'eau. Le seul obstacle qui s'opposait à la vente commerciale de ce produit, c'est qu'il se dissout dans sa propre eau de cristallisation à des températures supérieures à 20° en se décomposant rapidement. L'auteur signale les nombreux essais par lesquels il a cherché à obvier à cet inconvénient. Il y est parvenu en enlevant aux cristaux une partie de leur eau de cristallisation par dessèchement dans un courant d'air sec et dans le vide. Il a obtenu ainsi de l'hypochlorite en poudre fondant au-dessus de 43°. — MM. **A. Carey** et **M. Muspratt** communiquent leurs expériences sur la préparation et la clarification des solutions de chlorure de chaux. La vitesse de clarification augmente avec l'élévation de température ; une agitation trop prolongée nuit à la rapidité de la clarification. Celle-ci commence également à décroître quand le dépôt occupe le triple de son volume final. Il faut alors décanter la liqueur claire, agiter un instant le dépôt en ajoutant de l'eau et abandonner de nouveau à la clarification.

SECTION DE LONDRES

Séance du 16 Mars 1903.

M. **H. D. Richmond**, étudiant l'unification des méthodes analytiques, arrive aux conclusions suivantes : Individuellement, nous ne sommes pas assez avancés pour résoudre tous les problèmes qui nous sont présentés; collectivement, nous le pouvons davantage. Le travail combiné et la discussion sont les meilleurs moyens de trouver les erreurs et les lois attachées à une méthode. Ayant trouvé les lois, que nous pouvons exprimer simplement sous la forme d'une équation différentielle, le travail combiné nous donnera les valeurs les plus probables pour les constantes. Ceci fait, nous ne pourrons prescrire des conditions absolues, mais seulement des conditions partielles. Ce sera l'affaire de chaque individu d'intégrer l'équation et de trouver les constantes pour ses propres conditions. — M. **A. R. Ling** étudie le problème de l'unification des méthodes commerciales d'analyse, spécialement en ce qui concerne les matières premières de la brasserie. Pour lui, il est nécessaire d'étudier certaines méthodes empiriques d'analyse dans le but de déterminer ce qu'elles mesurent actuellement dans certaines conditions définies. Ce sera l'unification de la méthode en question, fruit des discussions de ceux qui ont l'habitude de l'appliquer; ce sera le premier pas vers l'élaboration d'une méthode type, qui ne peut être adoptée actuellement, parce qu'il n'en existe pas.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 30 Avril 1903.

M. **M. Planck** communique des recherches sur la théorie électromagnétique de l'absorption sélective au sein des isolateurs isotropes. L'auteur a, l'année dernière, esquissé les bases d'une théorie analogue de la dispersion, théorie qui n'était autre qu'une modification de celle de M. H.-A. Lorentz, dont elle ne se distinguait que par les hypothèses relatives à la nature des vibrations de résonance élémentaires ayant lieu dans le milieu en cause. En raison des difficultés s'opposant à une vérification directe de cette théorie, l'auteur tâche de la vérifier par voie indirecte, en étendant les équations au cas de l'absorption sélective et en développant leurs conséquences, abstraction faite de toute hypothèse ultérieure tirée de l'expérience. Voici les principaux résultats de ces recherches : On sait que les phénomènes d'absorption sélective offerts par un milieu sont illustrés de la manière la plus simple, en représentant le coefficient d'extinction par une courbe, en fonction de la longueur d'onde. C'est ainsi qu'on obtient trois types essentiellement différents de « courbes d'extinction », suivant que le maximum du coefficient d'extinction est, soit grand, soit petit par rapport à 1, soit de grandeur moyenne. Les courbes du premier type comprennent une large bande d'absorption métallique, bande dont le maximum ne coïncide cependant pas avec la longueur d'onde de la période propre de chaque résonateur, mais se montre déplacé par rapport à cette dernière d'une quantité plus ou moins considérable et du côté des ondes plus longues. La chute de la courbe d'extinction depuis le maximum vers les ondes plus longues est toujours plus rapide qu'elle ne l'est du côté opposé. La densité de répartition des résonateurs augmentant, le maximum d'extinction se déplace de plus en plus du côté des ondes plus longues, en même temps que la bande se dilate. Les courbes d'extinction du second type, au contraire, ne présentent qu'une bande d'absorption très mince et dont le maximum coïncide avec la longueur d'onde correspondant à la période propre du résonateur. La chute de la courbe des deux côtés du maximum est sensiblement symétrique. La densité de répartition des résonateurs augmentant, la courbe d'extinction s'élève et se dilate, sans que le maximum se déplace; le coefficient d'extinction varie en raison directe de la densité de répartition, comme le veut la loi formulée par M. A. Beer. Les courbes du troisième type, enfin, forment un passage continu entre ces deux types extrêmes. L'auteur réussit à démontrer l'existence de tous ces types par les mesures qu'il réalise. — M. **van't Hoff** a continué ses recherches sur les conditions de formation des dépôts salins océaniques. C'est la limite inférieure de température de la formation de la *Vanthoffite* qui fait l'objet de la présente communication. L'auteur établit, en collaboration avec **M. Just**, que cette limite coïncide, dans le cas de ce

minéral [(SO)^{4}MgNa^6], avec 46°; c'est dire qu'elle est la plus élevée parmi les températures de formation de tous les sels analogues jusqu'ici étudiés. — M. **H. Lohmann** présente les résultats de ses recherches biologiques faites dans le nord de l'Atlantique. L'auteur rend compte des espèces animales et végétales qu'il a observées, pendant une croisière de soixante et un jours, dans l'eau superficielle entourant le bateau, ou trouvées dans le plankton préparé avec de la gaze. L'auteur constate que la boue rouge tapissant les fonds passe, à la profondeur de 5.000 à 6.000 mètres, immédiatement dans l'argile bleue constituée par des détritus continentaux, que l'une et l'autre renferment de nombreuses écailles de *Coscinodiscus*, de *Globigérines* et de *Cocéolithes*, et que des Rhizopodes vivants existent dans l'eau à proximité des fonds.

Séance du 7 Mai 1903.

Après avoir fait une conférence sur le développement des unités électriques, M. **Kohlrausch** présente un mémoire de M. **W. Jæger** sur la précision obtenable dans la réalisation et la fixation de l'unité de résistance électrique. On sait que l'ohm, adopté comme unité internationale, a d'abord été défini, en partant de l'unité électromagnétique de Weber, comme étant égal à 10^9 centimètres, sec. Ce n'est cependant que M. W. Siemens qui a réussi à trouver une méthode pour réaliser cette unité d'une façon satisfaisante, en préconisant l'emploi du mercure comme étalon : ce métal permet, en effet, d'obtenir une précision d'au moins 1 ou $\frac{2}{100.000}$. La valeur pratique de ces étalons de mercure se trouve considérablement augmentée lorsqu'on en fait des copies en fil d'un maniement plus facile et qu'il faudra comparer aux étalons primaires à intervalles définis. La *Reichsanstalt* (Bureau des Poids et Mesures) garantit actuellement, pour les résistances de 1 ohm qu'elle vérifie, une précision de $\frac{1}{10.000}$; ce sont surtout les résistances de manganine qui sont d'un emploi avantageux en raison de leur constance et de la petitesse de leur coefficient de température. L'auteur résume les expériences jusqu'ici faites quant à la réalisation et à la reproduction des étalons de mercure et la constance des étalons secondaires. Il fait voir que les étalons de manganine de la *Reichsanstalt* n'ont pas, pendant dix années, varié de quantités appréciables, par rapport aux étalons de mercure.

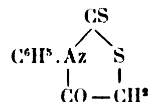
ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 7 Mai 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **L. Weinek**: Représentation graphique de la variation des coordonnées stellaires due à la précession et déduction des équations fondamentales qui s'y rapportent. — M. **E. Waelsch** : Sur l'analyse binaire. — M. **J. Hermanek** communique une théorie de l'écoulement libre des liquides par un orifice avec chute, basée sur le principe que la réaction du filet d'eau jaillissant est égale et opposée à l'action du liquide sur l'orifice d'écoulement.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **A. Schell** indique une méthode de détermination des constantes optiques d'un système sphérique centré avec le focomètre de précision. — M. **A. Wassmuth** : Sur le refroidissement observé durant la flexion des barreaux d'acier. — M. **M. Groger** : Sur le chromate de cuivre. — M. **R. Fanto**, par l'action des iodures d'alkyle gazeux sur une solution alcoolique de nitrate d'argent, a obtenu une combinaison double de formule AgI.2AgAzO^3. — MM. **R. Wegscheider** et **J. Hecht** poursuivent leurs recherches sur l'éthérification des acides bi- et polybasiques non symétriques par l'étude de l'acide phénylsuccinique. L'éther-acide α-méthylique, F.102°, s'obtient par semi-saponification de l'éther neutre, F.57°; l'éther-acide β-méthylique, F.92°, par action soit de l'alcool sur l'acide libre, soit du méthylate de Na sur l'anhydride. — MM. **R. Wegscheider** et **P. von Rusnow** ont étudié l'action de l'hydrate d'hydrazine sur les éthers hémipiniques isomères; à froid, il se forme les sels d'hydrazine, à chaud le dihydrazide de l'acide hémipinique. Le chlorure de thionyle transforme partiellement l'éther acide β-méthylique de l'acide hémipinique en éther acide α. — M. **J. Hecht** a amélioré la préparation de l'acide phénylitaconique et de son éther diméthylique. Ce dernier se condense avec l'acide cyanhydrique pour donner l'acide α-tricarballylique. — MM. **R. Wegscheider** et **H. Gehringer** ont constaté que la solution éthérée de diazométhane transforme plus d'acide benzoïque en son éther méthylique que sa composition (déterminée par titration à l'iode) ne le permettrait. Ils recherchent l'explication de ce fait. — M. **B. Possanner von Ehrenthal** a observé que le pentane-1 : 4-diol, chauffé avec l'acide sulfurique dilué, se transforme, par fermeture de la chaîne, en oxyde de pentane-1 : 4. La chlorhydrine de ce diol, traitée par KOH, conduit au même oxyde. — M. **E. Loebl** a transformé l'amide de l'acide sébacique en 1 : 8-octométhylènediamine; le chlorhydrate de celle-ci, traité par le nitrite d'argent, fournit un hydrocarbure C^8H^{14}, un alcool non saturé $C^8H^{15}OH$ et l'octane-1 : 8-diol, corps cristallisé, F.58°,5. — M. **A. Zipser**, en faisant bouillir l'essence de moutarde phénylique ou allylique avec l'acide thioglycolique, a obtenu des acides rhodaniques substitués du type :



Ceux-ci se condensent facilement avec les aldéhydes aromatiques en donnant des produits jaunes ou oranges. — M. **J. Klimont** : Sur la composition de l'*oleum stillingiae*. — M. **L. Langstein** : Les hydrates de carbone de la sérumglobuline. — M. **A. Jolles** différencie le lait de femme du lait de vache en ce que le premier ne donne aucune réaction colorée avec la paraphénylènediamine et H^2O^2. Les laits de femme de diverses provenances mettent en liberté des quantités variables d'oxygène de H^2O^2, ce qui provient de la présence de catalases.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **F. Siebenrock** a étudié une collection de tortues indo-chinoises, renfermant douze espèces distinctes, entre autres une nouvelle variété de l'espèce très rare *Clemmys bealii* Gray et une espèce nouvelle, *Cyclemys annamensis*. — M. **B. Busson** communique ses recherches anatomiques sur une nouvelle Planaire polynésienne, le *Pelmatoplana willeyi*, et sur deux Géoplanes sud-américaines, les *G. bogotensis* et *olivacea*. — M. **L. Adamovic** : Contribution à la flore de la Macédoine et de la Vieille-Serbie. — M. **F. Steindachner** adresse des nouvelles de l'Expédition envoyée par l'Académie au Brésil. — M. **F. Nopsca** : Les restes de Dinosauriens de Siebenburgen. — M. **F. Becke** présente la première partie du Rapport de la Commission pour l'étude pétrographique de la chaîne centrale des Alpes orientales. Elle se rapporte à la composition minérale et à la structure des schistes cristallins. D'après la composition, on distingue deux étages de schistes cristallins; l'étage inférieur est caractérisé par les minéraux pyroxène, grenat, biotite, plagioclases calcaires, orthoclase, sillimanite, cordiérite, olivine; l'étage supérieur renferme : épidote-zoïsite, muscovite, chlorite, albite, antigorite, chloritoïde. La structure est cristalloblastique. — MM. **V. Hilber** et **J. A. Ippen** communiquent leurs recherches microscopiques sur les roches du nord de la Grèce et de la frontière gréco-turque.

LOUIS BRUNET.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 13 15 JUILLET 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Rotation d'ensemble des étoiles. — Sir David Gill, directeur de l'Observatoire du Cap, avant de publier un catalogue de 8.560 étoiles qui serviront de repères pour la mesure et la réduction des clichés, vient d'être amené à comparer ce catalogue aux anciens catalogues existants, Cap 1880, Madras, catalogue fondamental de Newcomb, etc. Le célèbre astronome a donc publié, sous forme de *Note préliminaire*, le résultat de ses comparaisons, résultat assez extraordinaire : il semble que les étoiles brillantes se déplacent, dans un sens donné, par rapport aux étoiles faibles qui sont plus éloignées de nous.

Il faudrait donc admettre que la moyenne des mouvements propres des étoiles faibles n'est pas nulle, avec les constantes adoptées aujourd'hui, et il faudra déterminer avec soin l'équation de grandeur pour parvenir à s'en débarrasser autant que possible.

En attendant les publications définitives de Sir David Gill à cet égard, on doit reconnaître qu'il s'agit d'une question de la plus haute importance pour la constitution de l'Univers, et nous sommes prévenus de nouvelles précautions à prendre dans les observations astronomiques de haute précision.

La transparence de la comète 1902 *b*. — La constatation a été souvent faite que les comètes sont parfaitement transparentes et que même les étoiles très faibles ne cessent pas d'être visibles au travers. Mais les observations desquelles on a déduit ce fait semblent avoir été jusqu'à ce jour assez imprécises, par suite des erreurs qui, même dans des comparaisons soignées, sont introduites par l'effet du fond brillant qui constitue la lumière de la comète. — Le mouvement rapide de la comète 1902 *b* (dont nous avons, il y a quelques mois, entretenu nos lecteurs) et grâce auquel elle a couvert successivement une assez grande surface du ciel, a favorisé singulièrement les observations de ce genre, en permettant de trouver facilement les étoiles cataloguées sur lesquelles passait la comète. Le Professeur O. C. Wendell, en particulier, à l'aide d'un photomètre polarisant fixé sur l'équatorial de 15 pouces de l'Observatoire de Harward College, a fait toute une série de comparaisons soignées entre deux étoiles, dont l'une à un moment donné, était recouverte par la comète, par suite du mouvement apparent de celle-ci. — Il résulte des chiffres publiés à ce sujet que la plus grande différence d'éclat des étoiles de comparaison n'a pas dépassé à un seul instant 0,05 et que la moyenne de toutes les différences observées est $\pm 0{,}02$, ce qui est de l'ordre des erreurs d'observation. Il s'ensuit donc que l'absorption de la lumière des étoiles pour la comète 1902 *b*, si elle existe, est insensible, et probablement ne dépasse pas un ou deux centièmes de leur grandeur normale.

A propos de la comète 1902 *b*, rappelons également qu'on a pu l'observer encore en mars dernier, et que l'ensemble de toutes les observations démontre que son orbite diffère d'une parabole. En février, elle n'était déjà plus que de 11e grandeur; actuellement elle doit être inobservable.

§ 2. — Géodésie

Déviation du pendule aux Indes. — M. E. A. Reeves donne, dans le *Geographical Journal*, un résumé des travaux fort intéressants effectués sur les déviations du pendule aux Indes par M. S. G. Burrard.

On sait que le pendule, qui donne la verticale du lieu, ne la donne exacte que dans certaines conditions. Il n'est réellement vertical que s'il est attiré dans la direction du centre de la Terre, et il s'écarte de la verticale très aisément, pour peu que la croûte terrestre manque d'homogénéité ; il est alors attiré du côté des parties plus denses, par les gîtes métalliques, par les montagnes,... déviation qui présente de graves inconvénients quand il s'agit de faire le relevé trigonométrique d'une région. D'importantes irrégularités de la verticale pendulaire ont déjà été signalées, notamment près de Moscou, et il serait désirable que l'on pût étudier de la sorte toutes les régions principales; aux Indes, en particulier, on avait déjà fait de curieuses remarques, et l'on avait cru, simplement, pouvoir attribuer toutes les discordances à l'influence du massif de l'Himalaya. Mais les travaux récents ont montré des résultats qui remettent tout en question, et dont l'explication paraît beaucoup moins aisée.

Le résultat obtenu est fort curieux ; en gros, le voici : Si l'on trace une ligne qui va à peu près de Calcutta à Decca, coupant la pénisule dans la direction S.E-N.W, cette ligne constitue, pour les stations situées au Nord et au Sud, un centre d'attraction. Aux stations placées au Nord, la déviation du pendule se fait vers le Sud ; au Sud, le pendule est dévié vers le Nord. Les choses se passent comme si, selon la ligne indiquée, il existait une chaîne souterraine très dense, coupant l'Inde de l'Est à l'Ouest sur une longueur de plus de 16.000 kilomètres et exerçant son influence sur le pendule depuis le 16e jusqu'au 30e degré de latitude Nord. Cette chaîne souterraine est parallèle à l'Himalaya. Mais quelles sont les matières qui la composent? telle est la question qui se pose. Y a-t-il là des gisements métalliques très denses, ou bien la croûte terrestre est-elle plus épaisse qu'au Nord et au Sud? En tout cas, il y a dans les résultats obtenus une indication curieuse et très intéressante ; peut-être l'avenir nous renseignera-t-il plus exactement sur le phénomène qui vient d'être constaté et sur la nature de cette chaîne souterraine dont le pendule indique l'existence, la longueur et la direction.

§ 3. — Génie civil

Les nouveaux laminoirs de Differdange. — En 1899, la Société de fabrication de machines de Duisbourg avait été chargée, par la direction de l'usine de Differdange, d'étudier et ensuite de construire l'installation du train à blooms, du train à billettes et du train à poutrelles. Dans cette nouvelle création, on a eu surtout en vue d'employer le moins d'hommes possible, c'est-à-dire de remplacer jusque dans les plus extrêmes limites le travail manuel par les machines, afin d'abaisser le prix de revient.

Les lingots sortis des *pits*, en face du *blooming*, sont placés sur des rouleaux qui, d'après le mode américain, sont disposés à environ 0m,80 au-dessus du sol de l'usine. Leur entretien et leur graissage sont ainsi grandement facilités.

Le chemin de rouleaux se compose, sur toute sa longueur, de cylindres de même diamètre qui tournent avec une vitesse considérablement plus grande que dans les installations moins récentes. A l'avant et à l'arrière du blooming, des basculeurs hydrauliques du système Grey permettent de tourner et de renverser les blooms avec facilité. Ils constituent des tables à l'extrémité desquelles se trouve un cylindre hydraulique actionnant deux mâchoires qui saisissent le bloom et le retournent. Le train blooming a deux cylindres de 1m,100 de diamètre et de 2m,800 de longueur et est muni d'un appareil de mise en marche hydraulique ordinaire. Il est mû par une machine à vapeur jumelle réversible avec cylindres de 1m,200 de diamètre et une course de 1m,400.

Cette machine, qui sort des ateliers de la Société alsacienne de Mulhouse, fait 150 tours par minute, et entraîne les cylindres du train par l'intermédiaire d'engrenages. Elle est capable de développer 5.000 chevaux. Les rouleaux porteurs sont actionnés par une machine à vapeur jumelle réversible, munie de l'appareil de renversement Klug, avec cylindres de 0m,290 de diamètre et course de 0m,460. Cette machine et toutes les manœuvres hydrauliques sont conduites du haut d'une plate-forme.

Les blooms obtenus au blooming sont ou vendus tels quels, ou transformés à d'autres trains. Le chemin de rouleaux du blooming est relié à une série de rouleaux mobiles qui conduisent les blooms à une cisaille hydraulique horizontale à 25 mètres de là. Cet outil, qui sort également de la fabrique de Duisbourg, peut couper des blooms d'acier d'une section atteignant 80 centimètres carrés : il sert à affranchir les bouts et à séparer les blooms en longueurs convenables pour les autres trains. Sur le côté de la cisaille, un élévateur entraîne les pièces au delà et les charge dans les cars. Les rouleaux de la cisaille sont mus électriquement. Quand les blooms laminés sont destinés au commerce, ils sont conduits à une autre cisaille hydraulique verticale et, là, divisés aux longueurs demandées. Cette cisaille est éloignée de la première de 23 mètres et est susceptible de couper jusqu'à 50 centimètres carrés de section. Derrière les cisailles se trouve un chemin de rouleaux de 8 millimètres de longueur, mû électriquement, qui amène les pièces sectionnées à des rubans sans fin du genre américain. Ces rubans, d'environ 600 millimètres de longueur, sont munis de mécanismes qui permettent en un point quelconque de faire tomber les pièces dans les wagons.

Adjoints au train à blooms, à une distance d'environ 50 mètres, sont placés deux autres trains, l'un qui sert à laminer des billettes et des barres ordinaires, l'autre des poutrelles jusqu'à une épaisseur de 0m,250, des fers à ⊔, des cornières, des rails, des traverses, etc., etc. Entre les deux trains a été disposée une machine à vapeur jumelle tandem réversible avec cylindres de 0m,870 et 1m,400 de diamètre et course de 1m,270, fournie par MM. Sack et Kiesselbach, de Rath. D'un côté, cette machine entraîne directement les cylindres pour billettes de 0m,812 de diamètre, et de l'autre elle actionne le train à poutrelles comprenant 2 cages et des cylindres de 0m,711 de diamètre.

Les blooms, pesant environ 2.500 kilogs, sont transportés par un appareil hydraulique au train à billettes et laminés dans la même chaude à une longueur d'environ 122 mètres. Le train à billettes est capable de laminer en douze heures 400 tonnes de billettes de 50×50.

De part et d'autre de ce train s'étend un chemin de rouleaux mû par l'électricité : devant le train, à environ 22 mètres, et derrière à 24 mètres. Ces rouleaux communiquent avec une rangée de rouleaux de 106 mètres de longueur par laquelle les produits sont amenés aux scies et à la cisaille des billettes, tous outils conduits électriquement. De ces rouleaux, les billettes ou barres coupées passent au parc où elles sont emmagasinées, chargées et expédiées.

Une telle combinaison d'un train blooming et d'un train à billettes est probablement unique en Europe. Le train à poutrelles, comme nous l'avons dit, comprend deux cages et peut même aisément recevoir une troisième cage. Devant ce train se trouve un chemin de rouleaux fixe, mais derrière existent des tables qui peuvent être levées hydrauliquement. La table de la seconde cage communique avec un chemin de rouleaux au cours duquel, à une distance d'environ 46 mètres, se dresse une scie électrique. Cette série de rouleaux débite les pièces sciées sur les aires de refroidissement, sur une longueur de 70 mètres. Les pièces, au sortir de la cisaille du blooming, sont amenées directement au train à poutrelles par un car électrique et laminées d'une seule chaude. Si le bloom a été divisé en un plus grand nombre de petites pièces, ces dernières sont alors conduites dans un four à gaz Siemens et y sont introduites ou en sont retirées au moyen d'une machine de chargement Wellman. Cet appareil, avec le concours d'un seul homme, peut charger et extraire 600 blooms en 12 heures. **E. D.**

§ 4. — Physique

Observation remarquable sur le radium. — M. E. Dorn, professeur à l'Université de Halle, communique à la *Physikalische Zeitschrift*[1] une intéressante observation qu'il vient de faire. Ayant eu l'occasion d'enfermer environ 30 milligrammes de bromure de radium dans un tube de verre d'Iéna, qui a été scellé à la lampe, l'auteur a voulu ouvrir ce dernier six mois plus tard. Or, au moment même où la lime égratignait la surface du verre, le tube a été percé par une étincelle électrique produisant un bruit très perceptible. Bien que l'auteur se trouvât debout près de la

[1] *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 18, p. 507-508, 15 juin 1903.

fenêtre, par un après-midi d'été bien clair, il a été frappé par l'éclat de l'étincelle, dont le bruit était si fort que le mécanicien du laboratoire, se trouvant au milieu de la salle, l'attribuait à la décharge d'une bobine d'induction, qui, toutefois, n'était même pas reliée à la batterie.

Pour expliquer ce remarquable phénomène, l'auteur admet que les électrons négatifs ayant traversé les parois du tube s'étaient échappés au dehors, tandis que les électrons positifs restaient enfermés à l'intérieur du tube. A la surface extérieure du tube, il s'était ensuite accumulé de l'électricité positive provenant de l'air ambiant ionisé par l'émanation du radium ou amenée par conduction superficielle. Comme M. Dorn tenait le tube de la main gauche, le métal de la lime de la droite, la possibilité d'une décharge était donnée.

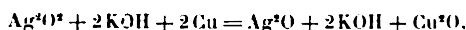
§ 5. — Électricité industrielle

L'accumulateur Jungner-Edison. — On s'occupe beaucoup en ce moment de l'accumulateur que M. Edison, après l'avoir entouré d'un étrange mystère, vient de lancer dans le commerce, et la question de savoir si la priorité n'en revient pas à un chimiste suédois, le docteur Jungner, va, paraît-il, être décidée par un jury international. On a souvent, à ce propos, adressé à M. Edison le reproche de s'être indûment approprié l'invention d'un autre; il nous paraît plus probable que les deux inventeurs sont arrivés à une même solution de ce palpitant problème, indépendamment l'un de l'autre et en toute loyauté, et nous croyons être agréables à nos lecteurs en leur donnant une description sommaire des dispositifs adoptés par l'un et l'autre.

Un article récemment paru dans un quotidien suédois, *Nya Dagligt Allahanda*, nous apprend que le docteur Jungner a, dès 1896, signalé le principe de son accumulateur. Les nombreux défauts inhérents à la pile secondaire au plomb (poids élevé, faible rendement, altération facile, etc.) proviennent — le chimiste suédois l'a reconnu le premier — de ce que les plaques de plomb, aussi bien que la composition chimique de l'électrolyte, sont altérées pendant la décharge, en même temps que leur volume se modifie. C'est pourquoi il s'agissait d'abandonner le système tout entier et de trouver des plaques et des liquides tels que les électrodes, tout en faisant fonction de générateurs de courant, fussent insolubles dans la liqueur, qui ne devait être aucunement altérée.

Voici ce que M. Jungner revendiquait, en 1899, comme faisant l'objet de son brevet : « Un système d'accumulateurs électriques employant comme électrolyte une solution aqueuse de potasse, les plaques étant composées de métaux ou oxydes métalliques pulvérulents, insolubles dans la liqueur et fournissant une tension électrique suffisante ».

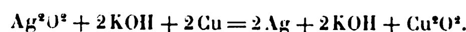
L'un des nombreux types de cet accumulateur comportait, d'après un article publié en 1901 dans l'*Elektroteknisk Tidsskrift*, de Copenhague, un châssis rectangulaire en nickel renfermant du peroxyde d'argent associé à une matière gluante qui en augmentait la porosité; voilà l'électrode positive. La cathode est constituée par un treillis en cuivre renfermant du cuivre pulvérulent comprimé d'après un procédé spécial. Les plaques de polarité opposée sont séparées les unes des autres par des feuilles d'amiante humectées de potasse. Le tout est disposé à l'intérieur d'une boîte en ébonite. Ce n'est qu'en surchargeant cette pile qu'un développement de gaz a lieu. Voici l'équation réglant la décharge :



$$Ag^2O^2 + 2KOH + 2Cu = Ag^2O + 2KOH + Cu^2O,$$

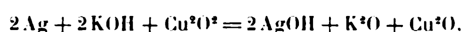
c'est-à-dire que l'on retrouve la quantité de potasse employée.

Pour une décharge prolongée, il s'établit le processus suivant :



$$Ag^2O^2 + 2KOH + 2Cu = 2Ag + 2KOH + Cu^2O^2.$$

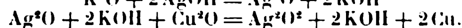
Pendant la charge, on aura alors :



$$2Ag + 2KOH + Cu^2O^2 = 2AgOH + K^2O + Cu^2O.$$



$$K^2O + 2AgOH = Ag^2O + 2KOH$$



$$Ag^2O + 2KOH + Cu^2O = Ag^2O^2 + 2KOH + 2Cu.$$

Avec cette composition, M. Jungner a, paraît-il, obtenu une capacité de 40 et 50 watts-heures par kilogramme.

Dans d'autres types, l'inventeur emploie les métaux cadmium, fer, manganèse, d'un côté, et nickel de l'autre.

Or, M. Jungner vient de faire breveter un procédé pour augmenter par voie électrolytique la surface des plaques qui entrent dans la composition de son accumulateur, procédé consistant à introduire le métal à traiter comme électrode dans une solution alcaline, à laquelle on ajoute un sel dont le radical acide forme un sel insoluble avec le métal en question. C'est ainsi qu'on augmente la surface métallique, qui sera désormais éminemment appropriée à servir de support à une matière active, alors même que cette dernière ne serait que peu ou point conductrice.

Les figures 1 et 2, que nous empruntons à un récent

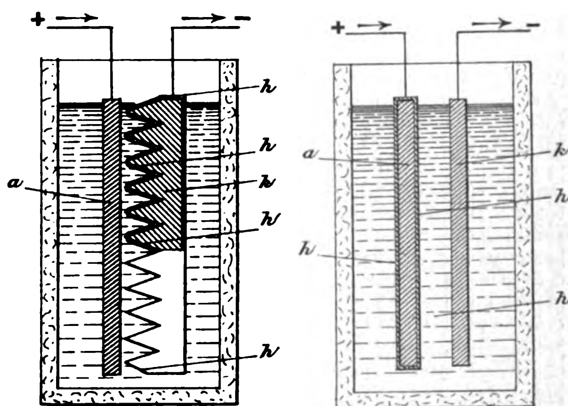


Fig. 1. — *Accumulateur Jungner (1er type)*. — *a*, anode ; *k*, cathode ; *h*, matière isolante.

Fig. 2. — *Accumulateur Jungner (2e type)*. — *a*, anode *k*, cathode ; *h*, matière isolante.

numéro du journal danois précité, représentent deux modifications du dispositif employé à cet effet.

En *a* (fig. 1) est la plaque métallique, l'anode, qu'il s'agit de perforer par voie électrolytique, en vue d'augmenter sa surface; *k* est la cathode munie de pointes dont les extrémités se trouvent à une même distance entre elles et de la plaque anodique. Le conducteur cathodique est, à l'exception des extrémités des pointes, recouvert d'une matière *h* indifférente et non-conductrice : aussi les points d'attaque à la surface de l'anode se trouvent à proximité des pointes.

La figure 2 représente une autre disposition permettant d'obtenir ce même résultat. Ici, c'est l'anode dont la surface est recouverte d'un enduit isolant, où l'on a pratiqué, à des intervalles partout les mêmes, de petits trous mettant la surface métallique à nu. Lorsque les surfaces des électrodes sont parallèles, les points d'attaque sont exclusivement concentrés à ces endroits dégagés, et, une fois la perforation assez avancée, il est facile de retirer l'enduit. Dans certains cas, le composé métallique, se logeant à l'état insoluble dans les trous précités, peut être immédiatement employé comme matière active, en vue d'emmagasiner et de débiter de l'énergie électrique. Dans le cas contraire, on retire ce composé de la plaque en plongeant celle-ci dans un liquide dissolvant le composé, mais non pas le métal lui-même. On introduit ensuite dans les trous de la

plaque la matière active voulue, qu'on y fixe en la fondant ou en la soudant au métal.

L'accumulateur Edison est essentiellement identique à la pile de M. Jungner, dont il ne diffère que par les détails constructifs. La figure 3 représente cet accumulateur, tel que le décrit le *Scientific American*.

L'auge électrolytique est en tôle ondulée T aux deux tiers de sa hauteur. Les plaques entrent exactement dans ce vase, où elles appuient par leurs bords verticaux contre des châssis en caoutchouc C, munis, pour les recevoir, de sillons pratiqués à des distances convenables. Elles reposent sur des bandes en caoutchouc B et sont séparées l'une de l'autre par des bandes pareilles A. Dans la figure 3, on a marqué en noir les parties en caoutchouc.

Les plaques elles-mêmes sont constituées par des châssis en tôle très mince, dans les « fenêtres » desquels on a comprimé, par un procédé hydraulique, des briquettes de fer et de graphite, ou de nickel et de graphite pulvérulents, suivant que la plaque est positive ou négative. A notre avis, la seule différence essentielle entre les deux accumulateurs est dans la disposition choisie pour augmenter la surface des électrodes. Pour le reste, nous remarquons, au haut de l'auge électrolytique Edison, des soupapes S à travers lesquelles s'échappent les gaz et qui retiennent l'électrolyte. Mais ce détail ne nous paraît guère indispensable, comme il n'y a de développement de gaz que dans le cas où la pile serait surchargée.

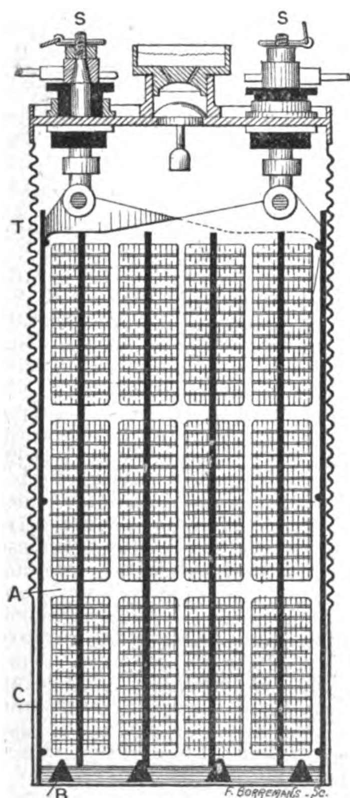


Fig. 3. — *Accumulateur Edison.* — T, auge électrolytique en tôle ondulée ; C, châssis en caoutchouc ; A, B, bandes en caoutchouc, séparant les plaques ; S, soupapes.

Lors de la récente Exposition des Automobiles, à New-York, M. Edison a eu l'occasion de présenter son accumulateur au public et de réaliser des expériences qui paraissent concluantes. Les modèles exposés avaient une capacité de 200 watts-heures et étaient capables de fournir 160 ampères-heures, sous une tension de décharge normale (1,3 volt par cellule). Il paraît que ces piles peuvent, sans être endommagées, être déchargées complètement jusqu'à épuisement de la force électromotrice, bien qu'en général on ne laisse pas la tension s'abaisser au-dessous de 0,75 volt par cellule. Dans les accumulateurs ordinaires à plaques de plomb, donnant, dans des conditions de régime normales, 2 ou 1,3 volts par élément, on ne pousse la décharge que jusqu'à 1,2 volt tout au plus.

En résumé, il semble qu'on ait réalisé un progrès énorme dans la construction des piles secondaires, et si ce n'est pas encore l'accumulateur idéal, tant recherché, c'est tout au moins un succès fort important et qui ne sera pas sans modifier certaines branches de l'industrie. Ce ne serait pas, du reste, le premier exemple d'une découverte faite indépendamment et presque simultanément par deux inventeurs.

Emploi de l'électricité pour le dégel des conduites d'eau. — La distribution de l'électricité de Sault Sainte-Marie — (Etat d'Ontario, aux Etats-Unis) — étant souvent arrêtée par la congélation de l'eau dans les conduites principales et les branchements, on s'est avisé d'y remédier par l'emploi de l'électricité, qui résout la difficulté d'une manière satisfaisante.

Afin de développer dans les conduites la chaleur nécessaire pour en provoquer le dégel, on relie une longueur donnée de conduite au secondaire d'un transformateur statique de 250 kilowatts, monté sur un traîneau attelé de deux chevaux, et on emprunte le courant primaire à la ligne voisine à 2.200 volts, en insérant un rhéostat liquide et un ampèremètre, qui permettent de réaliser facilement le contrôle et le réglage du débit : ce débit est loin d'exiger la puissance considérable que peut fournir le transformateur, mais on en a fait l'achat avant de savoir exactement la puissance qui serait consommée. On dit que le dégel des branchements, dans ces conditions, se réalise dans un temps très court, en général de l'ordre d'une minute à deux. On cite cependant une application ayant duré une demi-heure, pour dégeler une conduite de 67 millimètres de diamètre sur une longueur de 50 mètres.

Le prix payé à la Compagnie de Sault-Sainte-Marie par les abonnés s'élève à environ 15 francs par branchement.

§ 6. — Chimie industrielle

Formation de l'anhydride sulfurique par le procédé « de contact » au moyen de peroxyde de fer. — La préparation d'anhydride sulfurique par la combinaison de SO^2 avec l'oxygène de l'air, sous l'influence catalytique de substances variées, est devenue une opération industrielle courante. Comme substances susceptibles d'exercer cette action « de contact », on emploie la mousse de platine, ou mieux l'amiante platinée, ou encore le peroxyde de fer. Ce dernier procédé a fait l'objet de nombreux brevets des *Verein chemischer Fabriken* de Mannheim et vient d'être soumis à une étude systématique par le Professeur Lunge.

Il résulte de ses recherches que la quantité d'acide sulfureux oxydée ne varie pas sensiblement lorsque les gaz à combiner renferment entre 2 et 12 °/₀ de SO^2 en volume. Au-dessus de cette teneur, la proportion de SO^2 combinée à l'oxygène diminue.

Il est nécessaire d'opérer avec des gaz parfaitement secs, car l'action catalytique est considérablement affaiblie sans cette précaution.

Au contraire, le produit devient plus efficace lorsqu'on y ajoute un peu d'oxyde de cuivre, ou même d'*acide arsénieux* ; dans ce dernier cas, l'action catalytique est augmentée d'environ 60 °/₀.

La température la plus favorable est comprise entre 600-620° ; au-dessous de 620°, la combinaison est faible ; au-dessus de 620°, le pouvoir de combinaison baisse, devient constant jusqu'à 750°, puis diminue.

§ 7. — Physiologie

Injections répétées de sérum de cheval chez le lapin. — La *Revue* a signalé dans sa chronique les observations très intéressantes de MM. Richet et Portier sur les injections répétées du poison des tentacules d'Actinies chez le chien. Ces savants ont montré qu'en injectant à un chien une dose convenablement choisie de ce poison, on provoque des accidents temporaires ; mais la même dose, injectée au même animal, parfaitement et depuis longtemps guéri, quelques semaines plus tard, détermine des accidents infiniment plus graves, conduisant rapidement à la mort. Ils ont désigné sous le nom d'anaphyllaxie cet

état d'hypersensibilité pour le poison des tentacules d'Actinies engendré, chez le chien, par une première injection de ce poison

M. Maurice Arthus vient de publier des observations d'anaphyllaxie, qu'il a faites sur le lapin, à la suite d'injections convenablement espacées et répétées de sérum de cheval rigoureusement aseptique.

Le sérum de cheval n'est pas toxique pour le lapin : on en peut injecter sous la peau, dans le péritoine ou dans les veines, 10, 20 et 50 centimètres cubes et plus sans provoquer d'accidents immédiats ou éloignés appréciables. Il n'en est plus de même si le lapin reçoit un certain nombre d'injections de sérum de cheval, à intervalles de cinq à huit jours environ. Le sérum de cheval, inoffensif pour le lapin neuf, est toxique pour le lapin sensibilisé, disons anaphyllactisé par les injections préalables convenablement espacées. Les accidents observés sont locaux ou généraux suivant le mode d'introduction de l'injection toxique; ils sont bénins, ou graves, ou mortels, suivant le degré de préparation du sujet.

Les injections successives étant espacées de six à huit jours et étant pratiquées sous la peau, on constate, à la suite des trois ou quatre premières injections, une résorption totale en quelques heures, sans manifestations anormales quelconques. Mais, aux injections suivantes, la résorption ne se fait plus aussi rapidement et des accidents locaux se produisent. C'est tout d'abord une infiltration séreuse persistant pendant quelques jours dans la zone d'injection, puis, à mesure que croît le nombre des injections pratiquées, un œdème dur et persistant, une transformation pathologique du tissu cellulaire sous-cutané en un tissu blanc, dur et coriace, non résorbable, enfin, une plaque de gangrène cutanée ou sous-cutanée, dont les tissus tombent et s'éliminent avec une lenteur désespérante, laissant une plaie profonde, anfractueuse, extrêmement lente à se cicatriser.

M. Arthus démontre que ces accidents locaux ne sont pas dus à une altération des tissus au point d'injection par suite d'une action locale répétée; il prend soin de faire les injections successives en des régions toujours différentes du tégument, ou il pratique les premières injections dans le péritoine, la dernière seule étant sous-cutanée.

M. Arthus démontre encore que ces accidents locaux ne sont pas dus à une accumulation des éléments du sérum dans l'organisme, car il établit qu'on peut, d'une part, engendrer l'état anaphyllactique et provoquer les accidents locaux par six à huit injections de 1 centimètre cube chacune, et qu'on peut, d'autre part, injecter tous les jours, pendant huit jours et plus, 5 centimètres cubes de sérum, ou d'un seul coup 25 centimètres cubes de sérum, sans provoquer aucun phénomène notable.

Un lapin ayant été anaphyllactisé par cinq à six injections de sérum de cheval, répétées à six jours d'intervalle, si l'on injecte 2 centimètres cubes de sérum de cheval dans la veine de l'oreille (injection absolument inoffensive chez le lapin normal), on note des accidents intenses qui sont, selon le degré d'anaphyllaxie du sujet, mortels ou temporaires, et, dans ce dernier cas, primitifs et tardifs. En voici deux exemples typiques :

Un lapin, anaphyllactisé par huit injections intrapéritonéales de 5 centimètres cubes de sérum de cheval chacune, espacées de six jours, vient de recevoir 2 centimètres cubes de sérum de cheval dans la veine de l'oreille. Pendant quelques secondes, une minute peut-être, il ne présente rien ; puis brusquement il secoue la tête comme pour éternuer; il devient anxieux, agité; puis se couche sur le ventre; sa respiration devient polypnéique (250 respirations par minute, par exemple), mais non dyspnéique (en effet, les mouvements faciaux sont normaux, la respiration est purement diaphragmatique, les inspirations sont peu profondes); puis le lapin se couche sur le côté, renverse la tête en arrière, fait avec les pattes des mouvements de course, pendant quelques secondes, et s'arrête inerte. L'œil est insensible, l'exophthalmie se produit; encore trois ou quatre respirations profondes, et l'animal demeure définitivement inerte. Le tout a demandé de deux à quatre minutes.

Un lapin, anaphyllactisé par cinq injections intrapéritonéales de 5 centimètres cubes de sérum de cheval chacune, espacées de six jours, vient de recevoir 2 centimètres cubes de sérum de cheval dans la veine de l'oreille. Les premiers des accidents ci-dessus décrits se produisent jusques et y compris la polypnée; puis, après dix minutes, un quart d'heure tout au plus, tout accident a disparu, le lapin ressemble à un lapin normal. Mais, sans qu'il soit besoin de répéter les injections de sérum, on voit bientôt se produire des accidents chroniques de nutrition. En quelques jours, le lapin maigrit, son squelette soulève la peau de toutes parts; le poil est sec, hérissé; la peau devient écailleuse, l'œil est terne, l'oreille est tombante; parfois de vastes plaques de nécrose cutanée et sous-cutanée se développent et envahissent de vastes régions. Le sang est pauvre en globules rouges, pauvre en hémoglobine, riche en globules blancs; les tissus sont décolorés. Cet état cachectique persiste sans incidents aigus jusqu'à la mort de l'animal, qui survient après six à huit semaines en général.

Dans la Note qu'il a publiée et qui n'est qu'une Note préliminaire, M. Arthus se borne à exposer ces faits; il en indiquera ultérieurement la signification. Ces faits d'anaphyllaxie ne sont pas spéciaux, d'ailleurs, au lapin et au sérum de cheval. M. Arthus a observé des faits tout à fait comparables en substituant au sérum d'autres liquides organiques albumineux : il a constaté, d'autre part, que le sérum de cheval, inoffensif pour le cobaye et pour le rat neufs, devient rapidement toxique pour ces animaux, quand les injections sont renouvelées.

Qu'arriverait-il à l'homme, si l'on répétait chez lui les injections d'un sérum de cheval thérapeutique? Présenterait-il des accidents locaux au point d'injection? Présenterait-il des accidents graves et des accidents chroniques à la suite d'une injection intraveineuse succédant à plusieurs injections préalables convenablement espacées? Il serait évidemment imprudent de répondre à ces questions en l'absence de renseignements, et il appartient à ceux qui auraient pu faire des injections de sérum espacées et répétées de fournir ces renseignements. Il est toutefois probable qu'au moins les accident locaux, notamment l'infiltration séreuse, s'observeraient chez l'homme; cela résulte des quelques renseignements que M. Arthus a déjà pu recueillir de divers côtés.

Il importe de faire remarquer que ces faits, — en admettant même que l'homme présente une anaphyllaxie intense comme le lapin, et des accidents anaphyllactiques aussi graves que cet animal, — que ces faits ne constituent en aucune façon un argument contre l'emploi des sérums thérapeutiques, tel que l'usage l'a consacré. L'anaphyllaxie ne se développe que tardivement, après trois ou quatre injections au minimum et un temps d'au moins trois semaines. Or, ni contre la diphtérie, ni contre le tétanos, on n'est appelé à continuer les injections du sérum antitoxique pendant un temps aussi long. Mais ces faits doivent inviter à la prudence les personnes qui, dans un but quelconque, auraient à injecter à l'homme, à intervalles de plusieurs jours, pendant quelques semaines, des sérums thérapeutiques ou autres; ils doivent surtout faire proscrire, dans ces conditions, les injections intraveineuses, dont l'utilité n'a, d'ailleurs, jamais été nettement démontrée, dans aucun cas.

§ 8. — Sciences médicales

Géromorphisme, Gérodermie. — En 1898, le Professeur Rummo, de l'Université de Palerme, a décrit une affection qu'il appela *gérodermie génito-dystro-*

phique ou *sénilisme*. Cette maladie a été surtout signalée en Italie, et spécialement en Sicile; de plus, les cas typiques concernaient des sujets du sexe masculin.

Les individus atteints de cette affection sont reconnaissables à première vue. Ils semblent des octogénaires, avec leur peau ridée, flasque, de couleur vieille cire, à gros plis tombants. Leur *facies senilis* tient surtout à cet aspect vieilli du tégument dystrophié; on peut observer, en outre, des déformations craniennes et faciales qui ont la valeur des stigmates dits de dégénérescence : front bas et fuyant, crâne d'une dolichocéphalie exagérée, occipital relevé en coquille, apophyses zygomatiques saillantes, crêtes osseuses prononcées, profil anguleux, oreilles en anse avec tubercule de Darwin très développé.

Le système pileux, dépendance du tégument, est mal venu; le poil est rare, les cheveux durs et clairsemés.

Le symptôme principal, altération fondamentale, et, selon le Professeur Rummo, cause première de la maladie, est un amoindrissement notable des fonctions génitales.

A ces deux symptômes, gérodermie et dystrophie génitale, peuvent s'associer, en tant que phénomènes accessoires, des anomalies du tissu adipeux, une perte d'élasticité de la peau; de là, les mamelles pendantes et le ventre « en besace », que présentent même les hommes qui ont été l'objet de ces observations. On a signalé encore la cyphose cervicale, des pseudo-hypertrophies musculaires, le gros volume et l'apparence charnue des extrémités, etc.

A côté des formes typiques de la maladie existent des formes hybrides, anormales ou frustes, dont le diagnostic est moins certain.

Une observation de M. Bueri[1] diffère des premières descriptions par le sexe du sujet. Rummo, il est vrai, ne considère pas la gérodermie génito-dystrophique comme une maladie appartenant en propre au sexe masculin. Lui-même a noté que la fille d'un de ses sujets présentait quelques symptômes de l'affection, et son élève Ciauri a fait allusion à des formes incomplètes ou mixtes du sénilisme chez des femmes.

Dans le cas de M. Bueri, il s'agit d'une fillette de quatorze ans, ayant des parents, des frères, des sœurs, sains et robustes. Elle-même fut normale jusqu'à six ans; elle eut alors des troubles vaso-moteurs; les lobules de l'oreille grandirent démesurément. La peau de son visage se modifia.

La physionomie de la malade est étrange. C'est une petite vieille et c'est une fillette vieillie; l'œil jeune, frais, vif, fait contraste dans le visage flétri et ridé. Le lobule de l'oreille, encore plus flaccide que le tégument du cou et du menton, tombe comme une peau morte plus bas que l'angle de la mâchoire. La tête est petite, le front ridé, assez élevé, les cheveux sont peu abondants et durs au toucher.

La forme du corps est normale, à part une légère cyphose cervico-dorsale. La stature est un peu insuffisante pour l'âge de la malade et le poids n'est que de 33 kilogs; toutes les fonctions et l'intelligence sont normales, sauf la fonction sexuelle.

Le timbre de la voix est nasonné, avec une tonalité masculine. La glande thyroïde peut être palpée facilement, vu l'état du tégument; le lobe droit fait défaut.

On a obtenu une amélioration réelle, une augmentation de poids, une plus grande élasticité de la peau, un peu de coloration rosée au visage par l'emploi du traitement thyroïdien.

En présence de ces faits, on se demande s'il ne s'agit pas simplement de cas d'*infantilisme* s'écartant des types bien connus aujourd'hui après les travaux de Brissaud, Henry Meige, Hertoghe, etc.

D'ailleurs, bien avant la description de Rummo, on avait eu l'occasion de signaler des exemples de *sénilisme*. Lailler, en 1881, avait observé à l'hôpital Saint-Louis une enfant de onze ans, originaire de Versailles, dont le sénilisme était manifeste. La même malade fut examinée, dix ans après, en 1891, par MM. Souques et J.-B. Charcot, à la Salpêtrière. Ces auteurs ont publié ce cas remarquable sous le nom de *géromorphisme cutané*[1].

Géromorphisme ou *gérodermie* semble donc bien un type morbide qu'il était nécessaire de différencier. C'est une forme de dystrophie des téguments qui doit prendre place à côté des affections telles que la *sclérodermie* et les *trophœdèmes* de H. Meige, et qui semble bien proche parente du *myxœdème* et de l'*infantilisme*.

[1] Paolo Bueri : Sur un cas de gérodermie génito-dystrophique. *La Riforma medica*, 10 juin 1903.

[1] *Nouv. Iconographie de la Salpêtrière*, 1891, p. 169.

§ 9. — Universités et Sociétés

Association française pour l'avancement des Sciences. — L'*Association française* tiendra cette année sa trente-deuxième session à Angers, du 4 au 11 août, sous la présidence de M. Levasseur, membre de l'Institut, Administrateur du Collège de France, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Voici le programme général de la session :

Mardi 4 *août*. — Séance générale d'inauguration au théâtre, dans l'après-midi.

Mercredi 5 *août*. — Séances de Sections; visites industrielles et horticoles; séance générale pour discuter la question des octrois.

Jeudi 6 *août*. — Séances de Sections; deuxième séance générale. Le soir, conférence publique.

Vendredi 7 *août*. — Excursion générale à Saint-Georges-sur-Loire, le château de Serrant et les Ponts-de-Cé.

Samedi 8 *août*. — Séances de Sections; visites industrielles.

Dimanche 9 *août*. — Excursion générale à Château-Gontier, par la Mayenne.

Lundi 10 *août*. — Séances de Sections; visites industrielles.

Mardi 11 *août*. — Assemblée générale; élection du Vice-Président et du Vice-Secrétaire. Clôture du Congrès.

Mercredi 12, *jeudi* 13, *vendredi* 14 *août*. — Excursion finale : Vallée de la Loire, Saumur, Chinon, Azay-le-Rideau et Langeais.

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétariat, 28, rue Serpente, à Paris.

Un certain nombre de questions ont été mises à l'ordre du jour et sont proposées à la discussion des Sections; nous en donnons ci-après l'indication :

IIIe et IVe Sections (*Génie civil et militaire*) : 1° La Loire navigable.

2° Etude comparée des cordages en chanvre et des cordages métalliques.

Ve Section (*Physique*) : L'utilisation des ondes électriques, la télégraphie sans fil et les autres applications des ondes hertziennes.

VIe Section (*Chimie*) : Réformes à apporter dans la nomenclature en Chimie minérale.

VIIe Section (*Météorologie*) : 1° De la prévision des orages par le procédé basé sur l'emploi des radioconducteurs.

2° Genèse, sens de rotation, mode de propagation et effets destructeurs des cyclones aériens des régions tempérées et des tourbillons des cours d'eau.

VIIIe Section (*Géologie*) : 1° On a émis l'opinion que les sables et grès à *Sabalites Andegovensis* sont un faciès arénacé du Sénonien et non des dépôts éocènes. Etablir par des arguments stratigraphiques si cette opinion est fondée.

2° Répartition, âge et faune des faluns miocènes du Maine-et-Loire.

3° Quelles sont les relations de la schistosité des bandes ardoisières du Maine-et-Loire avec les accidents tectoniques du massif primaire?

IXe Section (*Botanique*) : Présence dans la vallée de la

Loire de plantes adventices, descendues du Plateau central ou introduites par le bas du fleuve : leur apparition, leur marche, leur extinction ou leur fixation.

x[e] Section (*Zoologie*) : Biologie de la sardine.

xi[e] Section (*Anthropologie*) : Le folklorisme en Anjou.

xii[e] Section (*Sciences médicales*) : 1° Des interventions directes dans les manifestations locales des maladies générales.

2° La grippe, son influence sur la production et l'évolution des autres maladies; ses épidémies familiales.

3° Le vin, au point de vue médical et hygiénique.

xiv[e] Section (*Agronomie*) : 1° Les usages du sucre.

2° Les usages de l'alcool.

3° Amélioration des prairies naturelles.

xvi[e] Section (*Economie politique*) : 1° Les projets d'accroître la population, et de l'intervention du législateur.

2° Des variations de valeur du métal argent.

3° Du monopole de l'alcool. Etude des résultats dans les pays où il est établi. Des résultats que pourrait avoir son application en France.

4° De la loi du 15 février 1902 sur la protection de la santé publique, et des limites de l'intervention de l'Etat.

5° Le projet des grands travaux publics, ses conséquences économiques.

6° Etude de la convention de Bruxelles. Le dégrèvement des sucres et ses conséquences.

7° De la réforme de la loi sur les Sociétés. Etude du projet établi par la Commission extra-parlementaire.

8° Des conséquences économiques de l'extension de l'emploi de l'alcool pour la force motrice, l'éclairage et le chauffage.

xvii[e] Section (*Enseignement et Pédagogie*) : 1° Enseignement commercial pour les employés occupés dans les comptoirs durant le jour.

2° Enseignement industriel pour les ouvriers retenus jusqu'au soir dans les chantiers et ateliers divers.

xviii[e] Section (*Hygiène*) : L'application de la loi sur la protection de la santé publique.

Des rapports imprimés seront préparés sur certaines de ces questions; ils seront envoyés aux membres de l'Association qui en feront la demande.

De plus, le Conseil d'Administration a décidé de proposer à la discussion en séance générale la question suivante : *L'octroi municipal. Résultats obtenus jusqu'à ce jour par les taxes de remplacement des octrois.*

M. Levasseur a bien voulu rédiger un Rapport sommaire, qui sera adressé à tous les membres qui en feront la demande.

Exposition de modèles mathématiques et d'ouvrages mathématiques. — A l'occasion du 3[e] Congrès international des Mathématiciens, qui aura lieu à Heidelberg, du 8 au 13 août 1904, le Comité du Congrès organisera : 1° Une *Exposition de modèles mathématiques*; 2° une *Exposition de la littérature mathématique*. Ces deux expositions se rattacheront, le plus possible, aux travaux les plus importants de ces dix dernières années. La première pourra également comprendre des modèles plus anciens offrant un certain intérêt historique. Son organisation a été confiée à MM. Disteli, von Dyck et Mehmke, tandis que MM. Gutzmer et Krazer organiseront l'autre exposition.

On ne peut que féliciter vivement le Comité du Congrès d'avoir répondu au vœu exprimé par un bon nombre de mathématiciens. Depuis la dernière exposition, qui a eu lieu à Munich en 1892 et qui a donné lieu à l'intéressant *Katalog* publié par M. von Dyck, le nombre des modèles a considérablement augmenté, des instruments ont été perfectionnés et de nouveaux appareils de démonstration ont vu le jour. Il y a donc un grand intérêt, tant pour les sciences pures et appliquées que pour l'enseignement, à faire connaître les progrès accomplis depuis dix ans. **H. F.**

Congrès d'Hygiène scolaire. — La Ligue des Médecins et des Familles pour l'amélioration de l'hygiène physique et intellectuelle dans les écoles, dont la *Revue* a déjà parlé, organise un Congrès d'Hygiène scolaire, qui aura lieu à Paris le 1[er] novembre 1903.

Des Rapports seront faits sur les questions suivantes: 1° inspection médicale des écoles primaires; 2° rôle du médecin scolaire; 3° durée et répartition des heures de travail pour les écoliers des différents âges : (*a*) dans l'internat, (*b*) dans l'externat; 4° valeur comparée du travail scolaire dans la matinée et dans l'après-midi. Repos prolongé de l'après-midi.

Les membres adhérents qui voudraient présenter des communications sur des sujets relatifs à l'Hygiène scolaire et à la Pédagogie physiologique devront se faire inscrire et faire connaître le sujet de leur travail avant le 1[er] octobre.

Les adhésions peuvent dès maintenant être adressées au docteur J.-Ch. Roux, 46, rue de Grenelle.

Les prix de la Faculté de Médecine de Paris. — Voici la liste des titulaires des prix décernés par la Faculté de Médecine de Paris pendant la dernière année scolaire :

Prix Lacaze (10.000 francs). — Le D[r] Bordas, du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, pour ses travaux sur la *Fièvre typhoïde.*

Prix Charles Legoux (1.500 francs). — Le D[r] Le Goff, de Paris, pour ses *Recherches expérimentales sur le diabète sucré.*

Prix Barbier (2.000 francs). — M. René Proust, pour son travail sur la *Prostatectomie* et les instruments qu'il a imaginés pour cette opération.

Mention très honorable au D[r] Rémy, pour son *diploscope*, et au D[r] Georges Luys, pour son *séparateur.*

Prix Chatauvillard (2.000 francs). — La Faculté a partagé le prix comme il suit :

1° 500 francs à M. Couvelaire, pour son ouvrage intitulé : *Etudes anatomiques sur les grossesses tubaires.*

2° 500 francs à M. Ravaut, pour son ouvrage intitulé : *Le diagnostic de la nature des épanchements sero-fibrineux de la plèvre.*

3° 500 francs à M. Coquerelle, pour son ouvrage sur *Guy-Patin.*

Elle a accordé des mentions honorables :

1° A MM. Lesné et Merklen (250 francs), pour leurs travaux sur les *urines des nourrissons.*

2° A M. Dopter (250 francs), pour ses travaux sur les *névrites périphériques.*

Prix Corvisart (médaille de vermeil et 400 francs). — M. Victor-Emile Bouic, pour son travail sur les *Pleurésies putrides.*

Prix Monthyon (700 francs). — Le D[r] Hébert, pour son mémoire sur la *Scarlatine en 1801, à Audierne* (*Finistère*).

Prix Jeunesse (hygiène) (1.500 francs). — Le D[r] Plicque, pour son ouvrage intitulé : *Précis populaire d'Hygiène pratique.*

Prix Saintour (3.000 francs). — MM. Emile Sergent et Léon Bernard. Le sujet proposé pour le concours était : *Insuffisance des capsules surrenales.*

La Faculté a, en outre, récompensé les auteurs des meilleures thèses par des médailles d'argent, de bronze et des mentions honorables.

Association corporative des Étudiants en Médecine de Paris. — Le Comité de cette Association[1] nous prie d'indiquer qu'il tient à la disposition de MM. les Docteurs en Médecine des remplaçants ayant fini leur scolarité et présentant toutes les conditions exigées par la loi.

[1] Siège : 21, rue Hautefeuille, à Paris.

LE MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE ET LES COLONIES FRANÇAISES

Lorsqu'une institution s'est acquis, dans une certaine direction, une gloire exceptionnelle, on est porté à négliger les services qu'elle a rendus dans de tout autres directions, à la confiner dans la spécialité par laquelle elle a le plus frappé les esprits, et l'idée exclusive que l'on s'est faite de sa renommée menace parfois de devenir dangereuse pour elle, en l'incitant à dévier de sa route.

C'est un péril qui aurait, sans aucun doute, menacé le Muséum d'Histoire naturelle, s'il n'avait eu de tout temps pleinement conscience du rôle multiple qu'il avait à jouer.

Dans des publications récentes, un éminent écrivain signalait, comme une des sources de la prospérité de l'Allemagne, l'union intime de ses usines et de ses laboratoires scientifiques, de ses producteurs industriels et de ses savants. Ici, cette union n'a jamais cessé d'exister. Le Muséum n'a jamais été et n'est jamais devenu l'établissement exclusivement scientifique, emmuré dans la tour d'ivoire des spéculations théoriques que d'aucuns se plaisent à imaginer. S'il peut, avec les de Jussieu, Buffon, Lamarck, Cuvier, les Geoffroy-Saint-Hilaire, Haüy, les Milne-Edwards, revendiquer d'avoir élevé les sciences naturelles à la hauteur des plus grandioses philosophies, c'est en quelque sorte comme par surcroît, et il n'a jamais oublié qu'il avait été fondé en 1635, par Louis XIII, pour garantir ses sujets « contre les erreurs des médecins en leurs pratiques et ordonnances, les abus des apothicaires, leurs ministres en exécution d'icelles », en forçant médecins et apothicaires à observer de près la Nature dont la Faculté se tenait un peu trop éloignée, et qu'il a été restauré par la Convention « pour étudier les sciences naturelles dans toute leur étendue, et spécialement dans leurs applications à l'industrie, au commerce et aux arts ».

I

A peine fondé, le Jardin du Roi se préoccupe d'introduire en France des essences nouvelles. Dès 1634, c'est l'Acacia vulgaire, qui foisonne aujourd'hui partout et dont le premier représentant est vivant encore auprès de la rue de Buffon; en 1635, c'est le Marronnier d'Inde; en 1735, le Cèdre du Liban; en 1756, le Sophora du Japon; en 1788, l'Ailanthe; en 1816, le Marronnier à fleurs rouges; en 1834, le Cèdre déodora et le Paulownia; et, à côté de ces arbres, les plantes d'ornement : la légion des Dahlias, des Pivoines, des Asters, des Phlox, etc. Le nombre des espèces introduites en France par son Service de Culture, au cours du XIXe siècle, est trop grand pour qu'il soit possible de le préciser.

Un actif mouvement de sortie fait pendant à ce mouvement d'entrée. Tandis qu'il distribue généreusement partout les essences susceptibles de s'acclimater chez nous, le Jardin du Roi n'oublie pas la France d'outre-mer. En 1720, le chevalier Des Clieux est chargé de porter à la Martinique le premier pied de café qui ait été introduit dans nos colonies; on raconte que, pendant la route, l'eau devenant rare, Des Clieux dut partager avec son jeune arbuste la maigre ration qu'il recevait. C'est de ce pied de café, sauvé d'une façon si touchante, que descendent tous ceux qui sont cultivés aux Antilles.

Plus tard, les arbres à épices se répandent par les soins du Muséum, malgré les efforts des Hollandais et des Portugais pour en conserver le monopole. Poivre en avait essayé la culture de 1769 à 1772 à la Guyane; elle est reprise en 1775 par Céré, et c'est au Jardin des Plantes que viennent, en cours de route, se reposer et se restaurer ses précieux pupilles : les girofliers, les cannelliers, les arbres à pain, etc.

L'enthousiasme que suscita l'œuvre de Thouin éclate dans ces lignes de son panégyriste, Thiébaut de Berneaud, secrétaire perpétuel de la Société d'Agriculture : « Les arbres du Nouveau-Continent, qui pouvaient convenir aux arts économiques, écrit-il dans le style imagé de l'époque, vinrent, à sa voix, marier leurs ombres amies au feuillage hospitalier de nos arbres indigènes ; les régions les plus reculées apportèrent leurs tributs balsamiques ; une correspondance active et amicale lia les peuples au plan le plus vaste et le mieux conçu, et provoqua des échanges de tous les points du globe. Non content d'agrandir la sphère de l'Agriculture et de donner un nouvel aliment à l'étude de la Botanique, il pénétra dans les propriétés urbaines et rurales pour y créer des bosquets enchantés, pour y semer de riches tapis, pour y placer des végétaux utiles, jusqu'alors inconnus, ou seulement cultivés chez un petit nombre de riches amateurs ».

Dans une Notice qu'on ne saurait trop consulter[1], mon illustre prédécesseur Alphonse Milne-Edwards

[1] A. MILNE-EDWARDS : Les relations entre le Jardin des Plantes et les Colons français. *Revue des Cultures coloniales*, 1899.

raconte qu'en 1800, 16.000 sachets de graines furent envoyés aux colonies, autant l'année suivante. Ce mouvement va dès lors en s'accentuant; de 1864 à 1866, le Muséum distribua 237.000 jeunes arbres ou arbustes, plantes de serres, tubercules, greffes ou sachets de graines.

A partir de 1886, un homme dont on ne saurait trop louer le dévouement et l'esprit d'initiative, Maxime Cornu, utilise de la façon la plus active, au profit de nos colonies grandissantes, les magnifiques ressources qu'il a su créer au Muséum. Par ses soins plus de cent cinquante espèces utiles : arbres fruitiers, plantes à tanin, plantes tinctoriales, plantes textiles, plantes alimentaires, plantes aromatiques, plantes officinales, plantes d'ornement, plantes défensives, etc., sont mises à la disposition des jardins coloniaux[1], et les conditions dans lesquelles on peut faire prospérer ces diverses catégories de plantes sont soigneusement indiquées. En même temps, Maxime Cornu consacre à plusieurs reprises son cours à l'étude des cultures coloniales et il recrute son personnel de jardiniers de telle façon que son Service devient bientôt une véritable École de cultures coloniales. C'est cette École qui a fourni les premiers directeurs de nos jardins coloniaux, MM. Pierre à Libreville; Lelache et Bernard à Dabou; Teissonnier à Conakry; Fauchères et Marchand à Tananarive; Martret à Kati; Cajon à Majunga; Roland à Mananjary; Ferré à Saint-Louis; Cartier et Robin à Hué; Luc à Brazzaville; etc.

La valeur des collections réunies par lui dans les serres du Muséum ressortira de ce qu'écrit, à ce sujet, l'un de ses élèves jardiniers, M. Français, devenu chef des cultures de l'Institut agricole de l'Etat, à Gembloux (Belgique) :

« Grâce aux persévérants efforts de M. Cornu, le Muséum possède actuellement la plus riche collection de plantes économiques qui existe en Europe. Lors d'un récent séjour en Angleterre, j'ai vu les collections des jardins de Kew, mais la partie réservée aux plantes coloniales ne peut rivaliser avec celle de Paris ni pour le nombre des espèces, ni pour la beauté des exemplaires ». Celà est daté de 1894[2], et M. Français ajoute : « Après avoir terminé mes études à l'Ecole d'Horticulture de Vilvorde, j'ai eu la bonne et rare fortune de passer six mois dans les serres coloniales du Muséum. Ce grand établissement approvisionne les colonies françaises de plantes économiques qui y sont envoyées et destinées à être cultivées dans les jardins d'essai ».

De son côté, l'éminent directeur du Jardin botanique de Kew, M. Thiselton Dyer, dans une Notice nécrologique qu'il consacra à notre regretté collègue au moment de sa mort, appréciait ainsi l'œuvre de Cornu :

« En 1884, Cornu succéda à Decaisne comme professeur de Culture au Muséum, position telle que, si son but n'est pas aussi large que celui de la direction de Kew, les obligations sont à peine moins lourdes. Au moment où Cornu entrait dans ses nouvelles fonctions, la France avait tourné son attention vers un champ où, dans le passé, elle avait tout fait : l'entreprise coloniale. L'ambition de Cornu — et elle était légitime — fut d'utiliser les ressources du Muséum dans un but très analogue à celui de Kew. De ma part, ce fut plus qu'un plaisir de l'aider de tout mon pouvoir. Cornu se lança dans cette voie avec une véritable passion. Ce qu'il accomplit, aussi bien pour les colonies françaises que pour l'enrichissement de son propre pays, est pour moi surprenant... Cornu était le plus patriote des Français. Je crains bien que pendant sa vie les sacrifices qu'il avait faits n'aient été pleinement appréciés. »

Qu'au moins, l'hommage que nous lui rendons aujourd'hui soit pour les siens une compensation de cette inconnaissance des services rendus, si j'ose m'exprimer ainsi, qui paraît avoir si vivement frappé le directeur de l'établissement anglais de Kew.

II

Sur ces jugements relatifs au Service de Culture du Muséum portés par des étrangers, qu'il me soit permis de m'arrêter un instant. L'établissement de Kew a une réputation universelle et de premier ordre. C'est, en Angleterre, une sorte de Ministère de la Botanique scientifique et de l'Agriculture coloniale. Ses serres passent pour être d'une richesse exceptionnelle; tous les documents qui peuvent intéresser les botanistes d'une part, tous ceux touchant d'autre part aux productions du sol des colonies anglaises se trouvent réunis dans sa bibliothèque et ses archives; ses divers services sont confiés aux savants les plus éminents de l'Angleterre. C'est le directeur de cet établissement magnifiquement doté qui déclare que le Service de la Culture du Muséum, avec sa maigre dotation de 133.000 francs, a obtenu des résultats comparables aux siens; d'autres disent : à certains égards, supérieurs. Tout cela s'est fait sans bruit et — nous dit-on de l'Étranger — sans qu'on paraisse en France s'en être suffisamment aperçu. Nous sommes un peu habitués à ce que l'Étranger soit obligé de nous crier la gloire de tout ce qui n'est pas chez nous du domaine de la pure sensation.

[1] Maxime Cornu : *Le Jardin des Plantes de Paris (Muséum d'Histoire naturelle) et les Colonies francaises.* Imprimeries réunies; Paris, 1901.

[2] *Bulletin de l'Association des anciens élèves de l'École de Vilvorde.*

Mais, si le Service de la Culture du Muséum le cède à peine comme résultats pratiques au célèbre Jardin botanique de Kew, la documentation botanique est ici autrement supérieure. Dans nos herbiers, depuis le commencement du siècle, sont venus se rassembler des spécimens de toutes nos plantes coloniales. Ce sont : pour les îles Saint-Pierre-et-Miquelon, les herbiers de Bernard de la Pilaye (1816-1820), Beautemps-Baupré (1822), Delamarre (1883); pour le Congo, les herbiers d'Aubry-Lecomte, des RR. PP. Duparquet et Kleine, de MM. Tholon, Pierre, Chalot, le Dr Ballay; pour le Soudan, ceux d'Herbelot (1850) et de nombreux explorateurs qui lui ont succédé; nos premières collections sur Madagascar remontent à Flacourt (1648-1655); vingt-cinq Français les ont complétées, parmi lesquels Bonvin, Commerson, Dupetit-Thouars, Perrottet et nos résidents généraux : MM. Humblot et Le Myre de Vilers. Pour l'Indo-Chine, qu'il me suffise de citer les documents recueillis par nos ministres plénipotentiaires actuels : MM. Harmand et Pavie, qui me pardonneront de les remercier tout particulièrement du zèle qu'ils n'ont jamais cessé de déployer au service de la science et du Muséum.

On a souvent raconté que ces documents étaient inutilisés; une légende s'est même établie autour des récoltes du célèbre voyageur Jacquemont, qu'on aurait laissé pourrir dans leurs caisses. Ce sont là des inventions qui remontent à une époque où il s'agissait de briser l'ancienne organisation donnée au Muséum par la Convention et dont l'illustre Chevreul, dans une magnifique « Réfutation », avait fait justice dès 1863; elles sont bien anciennes déjà, mais, comme disait Beaumarchais, « de ce genre d'invention, il reste toujours quelque chose ».

En fait, toutes ces collections ont été confiées à l'étude de spécialistes qui en ont déterminé les espèces déjà connues, qui ont nommé et décrit les espèces nouvelles et ont publié les résultats de leurs recherches; M. le Dr Bonnet, du Muséum, a fait connaître la flore de Saint-Pierre et-Miquelon; MM. Baillon et Pierre, celle du Congo; M. Hua, celle du Soudan; M. Franchet, celle des régions chinoise et indo-chinoise, que continue à étudier actuellement M. Paimblanc; M. Drake del Castillo, celle de Madagascar; les plantes nouvelles ainsi décrites ne sont pas seulement des curiosités botaniques, ce sont souvent des plantes utiles, industrielles au premier chef : le *Boswellia Kleineana* (Okoumi des Gabonais), dont le bois remplace l'acajou et dont la résine est employée à faire des flambeaux qui brûlent en répandant une odeur d'encens; la *Quassia Kleineana*, des *Garica*, *Thiegemella*, *Irwingia* qui fournissent des matières grasses; l'*Aubrya gabonaensis*, dont le fruit donne une liqueur fermentée, etc.

Le Muséum rêve d'ailleurs, en quoi il ne peut guère manquer de réussir, de s'assurer la collaboration de tous les savants français qui comptent dans les sciences naturelles, de façon que tous soient certains de trouver dans ses collections des éléments de travail et que la valeur scientifique de ses collections deviennent, en quelque sorte, leur œuvre collective.

Dès maintenant, comment dresser un inventaire sérieux des productions végétales de nos colonies sans avoir recours aux spécimens de première main dont ses herbiers sont remplis, à ceux qui ont reçu pour la première fois un nom, qui y sont tous déposés et minutieusement classés, dont l'origine remonte à deux siècles, époque où Tournefort légua en mourant son herbier au Muséum (1708), herbiers qu'ont enrichis depuis cette époque lointaine nos marins, nos missionnaires, nos agents consulaires, nos voyageurs naturalistes et toute cette armée d'amis inconnus et dévoués qui ne cessent, partout où ils sont, de répandre leurs bienfaits sur le Muséum par pur patriotisme, par pure admiration pour la science?

III

C'est en partie pour ces amis qu'Alphonse Milne-Edwards fonda, en 1893, cet « Enseignement des Voyageurs » dont le succès ne s'est pas démenti pendant dix ans et qui était destiné à donner aux personnes qui se rendent à l'Étranger, notamment à nos Colonies, les notions les plus indispensables pour un naturaliste désireux de rassembler, de conserver et d'expédier des collections susceptibles d'arriver en bon état.

Le souci d'associer le plus étroitement possible le Muséum à l'œuvre de notre expansion coloniale ne préoccupait pas moins Alphonse Milne-Edwards que Maxime Cornu. Membre des plus zélés de la Commission centrale de la Société de Géographie, membre de la Commission des Missions au Ministère de l'Instruction publique, il contribua pour une large part à organiser les Missions scientifiques qui explorèrent notre empire colonial, après avoir souvent préparé la voie aux expéditions qui devaient nous en assurer la conquête; il entretenait avec nos chargés de mission une correspondance assidue, et ce fut lui qui présida au Ministère des Colonies la Commission chargée d'organiser nos Jardins d'essais coloniaux, lui encore qui offrit à cette occasion au Ministère des Colonies de compléter l'organisation coloniale du Muséum, en établissant, sur les terrains que possède cet établissement à Nogent, des serres de multiplication[1], une sorte de

[1] Voir au *Journal officiel* (année 1899) le Rapport de

jardin d'essai complémentaire, rattaché au Muséum d'Histoire naturelle par des liens qui n'étaient peut-être pas assez solides, car les Serres de multiplication sont devenues un établissement d'un tout autre ordre, qui s'est isolé le plus qu'il a pu de sa métropole, mais qui a finalement amené ce résultat heureux : c'est que, dans le Conseil supérieur de l'Agriculture coloniale récemment créé, le Muséum est devenu le collaborateur officiellement reconnu du Ministère des Colonies.

Cette collaboration, il faut le dire hautement, est aussi nécessaire à une exploitation, bien entendue, de nos richesses coloniales qu'au Muséum lui-même. On ne saurait trouver ailleurs qu'au Muséum les éléments indispensables à l'appréciation de ces richesses; un établissement comme celui-ci ne se refait pas : on évalue à plus de deux cents millions le capital qu'il représente; ce n'est pas assez, car il est tout rempli de documents uniques qu'on ne saurait retrouver ailleurs, et qu'on ne pourrait remplacer si, par malheur, ils venaient à être détruits. Il y a plus : le Muséum est, par son organisation même, unique au monde. Equivalent du Jardin botanique de Kew par son Service de la Culture, ses herbiers, ses laboratoires d'Anatomie et de Physiologie végétales, il est équivalent : par sa ménagerie, du *Zoological Garden* de Londres; par son laboratoire maritime, de l'établissement de Zoologie marine de Plymouth; par ses collections d'Anatomie comparée, de Paléontologie, de Géologie, de Minéralogie et de Zoologie, du Musée du Collège des Chirurgiens et du British Museum; par ses laboratoires, son enseignement, si différent de celui des Universités parce qu'il met directement en œuvre d'incomparables collections, il n'a pas de similaire. Nulle part un pareil faisceau de forces n'a été réuni; nulle part tant de services divers n'ont été combinés pour se prêter un mutuel appui. Ce ne sont pas seulement, en effet, les agriculteurs qui pourront trouver ici des enseignements; tout ce que la surface du sol ou ses profondeurs produisent de matières premières s'y trouve représenté et peut y être étudié rapidement pour le plus grand profit des administrations, des industriels ou des commerçants qui ont affaire aux Colonies.

Il pouvait être difficile aux personnes non familiarisées avec l'organisation du Muséum d'y découvrir le Service auquel elles devaient s'adresser pour obtenir un renseignement désiré. Un *Laboratoire colonial* a été créé qui reçoit leur demande, qui se charge de recueillir pour eux ces indications et de faire même au besoin les recherches scientifiques qu'elles nécessitent. L'utilité d'un tel laboratoire s'est ensuite affirmée par la rapidité avec laquelle les colons se sont emparés de son personnel de début. Le premier zoologiste du laboratoire, M. Seurat, est actuellement aux îles Tuamotou, où il étudie la multiplication des huîtres perlières; le premier botaniste, M. Chevalier, est à la tête de la grande Mission qui explore en ce moment la région du Chari; le géologue, M. Rambaud, est allé étudier la géologie du Sénégal. Le personnel du Laboratoire colonial n'est pas, d'ailleurs, le seul au dévouement duquel les colonies aient fait appel. En ce moment même, deux autres géologues du Muséum, M. le Professeur Lacroix et son stagiaire, M. Giraud, s'efforcent d'organiser la défense de la Martinique contre les éruptions de la Montagne-Pelée. Les naturalistes du Laboratoire colonial partis en mission ont été remplacés par MM. Lecomte, chef du laboratoire, et de Claybrooke, tous deux bien connus du monde colonial et dont l'activité et le dévouement sont au-dessus de tout éloge. En dehors d'une foule de renseignements donnés par M. Lecomte sur les diverses cultures, le Laboratoire colonial a été consulté sur la culture et la pêche des Éponges, sur l'exploitation du Corail, sur la pêche des Holothuries (Bèches de mer des Anglais) que l'on mange en Chine, sur l'Huître perlière, la Perle, les divers Mollusques producteurs de nacre, sur une foule d'Insectes nuisibles, la réglementation de la grande pêche dans nos colonies, le métissage possible des Zèbres, Daws et Couaggas de l'Afrique centrale avec nos Anes et nos Chevaux, l'élevage des Autruches, la domestication des Éléphants. Il n'a eu pour répondre qu'à conduire les intéressés aux Services compétents ou à recueillir pour eux, dans ces Services, les renseignements demandés. D'ailleurs, toutes les relations avec les voyageurs y ont été concentrées; un enseignement pratique y a été créé à leur usage, où ils pourront, en quelques jours, recevoir toute l'instruction désirable, et c'est ce qui a permis de transformer l'ancien enseignement pour les voyageurs en cet enseignement colonial, plus large et plus complet, que nous inaugurons aujourd'hui.

Notre Muséum présente une telle élasticité d'organisation qu'il a suffi de bien peu de chose pour le réaliser, sans aucune espèce de frais. Mes collègues l'ont en quelque sorte constitué spontanément par un acte de simple bonne volonté, et il a suffi d'une séance de délibération pour le mettre entièrement sur pied. La psychologie et les caractères ethniques de nos nouveaux sujets, l'hygiène et les maladies tropicales, les productions diverses utilisables des Mammifères, des Oiseaux, des Reptiles et des Poissons, le miel, la soie, les ravages des Insectes, les productions des bords de la mer et de la terre, les richesses minérales du sol sont décrites

M. Paul Bourde sur les travaux de cette Commission, et la brochure où le Ministère des Colonies a publié *in extenso* ses travaux. Imprimerie Levé, 1899.

dans cet enseignement, qui présentera, nous l'espérons, une synthèse complète de tout ce qu'il est utile de savoir ou du moins d'avoir entrevu quand on entre en rapport avec les colonies.

Dans une salle voisine du grand amphithéâtre, un *Musée de productions coloniales*, servant de base à cet enseignement et permettant, comme c'est la règle ici, de juxtaposer sans cesse l'enseignement par les yeux, l'enseignement pratique, la démonstration, comme on disait autrefois, à l'enseignement oral, viendra sous peu compléter cette organisation coloniale du Muséum.

Ajoutons que, suivant l'exemple de son prédécesseur et perfectionnant une œuvre déjà belle, M. le Professeur Costantin a eu l'idée heureuse de transformer la plus grande partie de son Service de Jardinage en une véritable École pratique d'Horticulture et de Culture coloniale. Le procédé est fort simple. Il consiste à prendre pour jardiniers non plus des manouvriers inhabiles, vieux et infirmes, comme c'était la règle quand il y avait ici un personnel fixe, mais de jeunes élèves de nos fermes-écoles ou de nos Écoles d'Horticulture, qui deviennent, au Muséum, des élèves rétribués, et pourront en partir pour semer partout les bonnes méthodes.

Telle est l'organisation coloniale qu'il a été possible d'instituer dans cette maison où se trouvent réunies tant d'incomparables richesses, tant de science, tant de bonne volonté, où l'on respire une atmosphère si salubre, toute pénétrée de glorieuses traditions et de patriotique dévouement. Sans doute, cette organisation n'est pas encore parfaite, mais elle a déjà un mérite assez rare pour qu'il vaille la peine d'être signalé : elle a été instituée sans qu'il en coûte un centime ni au budget de l'État, ni à celui des Colonies, et aussi sans que rien de ce qui a fait la gloire scientifique de cette maison eût été touché. L'expérience montrera quels services elle peut rendre, quelles modifications il y faudra apporter pour que ces services soient le plus grands possible. Peut-être, quand il s'agira d'arrêter ses lignes définitives, faudra-t-il renforcer pécuniairement certains Services, mais ce sera toujours fort peu de chose et nous avons tout lieu d'espérer qu'à ce moment nous nous serons rendus assez utiles pour retrouver actives les sympathies que le Parlement ne nous a pas ménagées.

Edmond Perrier,
Membre de l'Institut,
Directeur du Muséum d'Histoire naturelle.

LE Ve CONGRÈS DE CHIMIE APPLIQUÉE

(BERLIN, 2-8 JUIN 1903)

Quand, en 1900, sur l'invitation des Sociétés chimiques allemandes, le Congrès de Chimie appliquée décida de tenir sa prochaine réunion à Berlin, ce fut pour tout le monde une certitude du succès du Congrès futur, et l'événement est venu justifier cette prévision[1]. Il faut avouer que tout fut fait par le Comité pour obtenir ce résultat, tant du côté dépenses d'organisation que du côté fêtes et réceptions. Le Congrès fut, en outre, merveilleusement logé, le président du Reichstag, le comte de Ballestrem, ayant mis à la disposition du Comité le palais du Reichstag, dont la grande salle servit aux séances plénières, et les salles de commissions aux réunions des diverses Sections.

La partie fêtes officielles comprenait un banquet au Jardin Zoologique, une réception très belle à l'Hôtel de Ville, offerte par la Municipalité de Berlin, et une représentation de gala à l'Opéra. En outre, l'Association des Chimistes allemands du comté de la Marche offrit aux congressistes le spectacle curieux d'un amical « Kommers », auquel prirent part plus de quinze cents invités, et le Professeur Harries, dans une fête charmante offerte par lui au nom de la Société chimique allemande, réunit dans sa propriété de Charlottenbourg tous ceux qui préférèrent l'aimable intimité d'une réception particulière à la solennité de la représentation de gala qui avait lieu dans la même soirée.

Enfin, le dimanche 7 juin, une promenade sur les lacs de la Havel permit aux congressistes d'admirer cette partie vraiment belle des environs de Berlin. Il convient d'ajouter encore toute une série de visites intéressantes qui avaient été préparées pour les congressistes, de sorte que tous ceux qui n'étaient pas retenus par les séances des sections purent ainsi passer en revue musées, usines, laboratoires, instituts divers dans les meilleures conditions possibles.

Dans la première séance plénière, après les discours des représentants de l'Empire, de l'État prussien, de la ville de Berlin, des Sociétés savantes et des représentants des Gouvernements étrangers (H. Moissan pour la France, Paterno pour l'Italie, Ludwig pour l'Autriche-Hongie, etc.), le Bureau du

[1] Le nombre des Français présents s'est élevé à 180.

Congrès fut définitivement constitué avec M. C. Winkler, comme président d'honneur et le Professeur O. N. Witt, comme président effectif.

Le lendemain matin à 9 heures commençait dans les onze sections le travail réel dont nous donnons plus loin une rapide analyse.

La deuxième séance plénière était réservée à un certain nombre de conférences d'un intérêt tout particulier.

M. H. Moissan exposa le résultat de ses recherches sur les hydrures métalliques, principalement les hydrures alcalins, et montra comment ces corps permettent d'effectuer la synthèse des formiates, et de résoudre d'une manière aussi élégante que simple la question si longtemps discutée de la constitution des hydrosulfites. Leur conductibilité électrique nulle vient, en outre, détruire la légende de la nature métallique de l'hydrogène.

Sir W. Crookes (*Idées modernes sur la matière ; la réalisation d'un rêve*) montra, dans ce domaine où l'imagination a une part encore considérable, comment la notion d'atome, en tant que particule insécable, disparaît devant les propriétés de la matière radiante, réalisant ainsi ce que, dès 1809, Davy concevait comme une possibilité.

M. Van t'Hoff exposa ensuite ses travaux sur le dépôt des sels de Stassfurth, montrant comment l'expérimentation patiente est parvenue à donner une théorie complète de ces phénomènes complexes.

M. E. Solvay fit ensuite l'historique de la soude à l'ammoniaque, exemple classique d'une réaction de laboratoire qui demanda des efforts considérables et continus pour devenir industrielle et pouvoir finalement supplanter presque complètement une industrie aussi solidement établie que celle de la soude Leblanc[1].

Enfin, M. C. Engler (Carlsruhe) donna des phénomènes d'auto-oxydation une étude aussi claire que complète, et M. C. Kræmer exposa le développement pris par l'industrie du goudron de houille, dont la production mondiale actuelle atteint 2.250.000 tonnes.

De même que la Société Bunsen pour la Physique appliquée, l'Association des Chimistes allemands avait fait coïncider sa réunion annuelle avec le Congrès.

Le jeudi 6 juin, la Société chimique allemande, réunie en séance extraordinaire, décerna à M. H. Moissan et à Sir W. Ramsay la médaille Hoffmann. Le Président de la Société, M. C. Libermann, fit ressortir, dans un discours très applaudi, l'opposition frappante des recherches de ces deux savants, exécutées aux extrémités de l'échelle des températures actuellement atteintes.

[1] En 1902, sur 1.760.000 tonnes de soude, seulement 150.000 ont été fabriquées par le procédé Leblanc.

I. — Section de Chimie analytique.

De même que dans les congrès précédents, les travaux de cette Section ont porté surtout sur l'unification des méthodes industrielles d'analyse, principalement en ce qui concerne les engrais. Pour ceux-ci, une méthode générale a été élaborée, dans laquelle ont été réunis tous les procédés de dosage qui donnent pour un même élément des résultats comparables. Pour éviter les erreurs provoquées par les désignations vagues des réactifs, le tableau suivant a été dressé :

	Densité	Teneur correspondante
1. Acide sulfurique	1,40	50 parties H^2SO^4
2. — concentré	1,84	100 — —
3. Ac. azotique	1,20	32 — AzO^3H
4. — concentré	1,52	100 — —
5. Ac. chlorhydrique	1,12	24 — HCl
6. — concentré	1,20	39 — —
7. Ammoniaque	0,96	10 — AzH^3
8. — concentré	0,91	25 — —
9. Eau régale { HCl	1,12	3 —
9. Eau régale { AzO^3H	1,20	1 —
10. Acide citrique		20 gr. d'acide par litre.

Plus spécialement pour les nitrates, M. H. Fresenius (Wiesbaden) montre que seules les méthodes de détermination directe de l'azote sont exactes ; toutes les méthodes par différence sont à rejeter.

Pour le dosage de la potasse, la méthode au perchlorate peut s'employer concurremment à la méthode au platine. M. Woy (Breslau) préconise de nouveau, pour le dosage des faibles quantités d'acide phosphorique, la méthode, si avantageuse, mais un peu délicate, par pesée du phosphomolybdate ou de son anhydride $P^2O^5 24MoO^3$.

Au sujet des produits alimentaires, M. Lindet (Paris) fait adopter le formol ou le bichromate comme conservateur pour le lait destiné aux analyses.

La communication de M. Ch.-Éd. Guillaume (Sèvres) sur l'état actuel de la détermination de la masse du centimètre cube d'eau provoque une remarque intéressante de M. Weinstein, qui montre de quelle admirable précision étaient capables les savants français qui, il y a plus de cent ans, ont établi les bases du système métrique.

II. — Section de l'Industrie chimique inorganique.

Les communications dans cette branche, la plus importante de la Chimie appliquée, ont porté principalement sur les industries de la soude, de l'acide sulfurique et des cyanures.

Au début, M. C. Weigelt (Berlin) montre combien

les fleuves sont capables d'annihiler l'action nuisible des eaux résiduaires, acides ou alcalines, que les usines y déversent : acides, ce sont les carbonates de l'eau qui interviennent; alcalines, ce sont les bicarbonates; un fleuve comme le Rhin à Cologne pourrait, dit-il, entraîner, sans en devenir acide, toute la production européenne d'acide sulfurique. Malgré ces vues optimistes, la purification des eaux résiduaires n'en est pas moins de première importance, et il est regrettable que la Section n'ait pas pu, ainsi que cela lui était proposé, arriver à établir une Commission chargée d'étudier cette question.

Dans l'industrie de l'acide sulfurique, M. Lunge (Zurich) indique la place, de jour en jour plus grande, prise par les tours à réaction et les appareils de Kessler pour la concentration.

Pour les procédés de contact, M. R. Knietsch (Ludwigshafen), étudiant l'influence de CO^2,Az,H^2O et de la pression, montre que les résultats obtenus cadrent avec ceux prévus par la loi de l'action des masses. Quant à l'action propre du platine, M. C. Wöhler (Carlsruhe) l'attribue à la facile oxydabilité du métal vers 400-500°. L'oxydule produit perd d'ailleurs son oxygène dès que la température s'élève au-dessus de cette limite.

M. I. D. Pennock (Syracuse) montre que l'industrie de la soude s'étend de plus en plus aux États-Unis, principalement l'industrie de la soude électrolytique (procédé Kastner). L'Amérique du Nord sera bientôt en état, avec une production de 500.000 tonnes, de prendre place parmi les pays exportateurs.

Quant à l'industrie des cyanures alcalins, qui s'est développée si considérablement à la suite des besoins de l'industrie aurifère, elle est à la veille de la surproduction avec ses 15.000 tonnes annuelles. Il faudra peut-être, d'ailleurs, ajouter aux sources ordinaires de cyanures la décomposition pyrogénée des vinasses de betteraves (Brieb, Dessau; G. Beilby, Glasgow; F. Rössler, Francfort, et G. Erlwein, Berlin).

M. W. C. Heraeus (Hanau) décrit la fabrication des objets en quartz soufflé. Le quartz est fondu dans des vases en iridium pur. Les appareils fabriqués sont très sensibles aux oxydes métalliques, mais inattaquables aux métaux; on peut, par exemple, dans un vase de silice, séparer par distillation l'argent de l'or.

L'emploi d'un four électrique spécial et d'un pyromètre optique a permis à M. W. Hempel (Dresde) de déterminer les points de fusion suivants, intéressants pour l'industrie des matières réfractaires :

Magnésie	2.250°
Chaux	1.900
Alumine	1.880
Magnésite	1.825°
Cendre d'os	1.450
Ramollissement du quartz	1.670
— porcelaine de Meissen	1.850
— — de Berlin	1.550

Dans l'industrie de la porcelaine, M. C. Vogt (Sèvres) décrit les découvertes et les méthodes analytiques employées à la Manufacture nationale, et M. Heintze (Meissen) préconise l'emploi, dans les usines, de canalisations en fer garnies de tubes de porcelaine; la durée illimitée de ces canalisations en compenserait, dit-il, le prix élevé.

III. — Section de la Métallurgie, des Mines et des Explosifs.

§ 1. — Métallurgie.

Parmi un certain nombre de communications traitant de l'analyse des produits métallurgiques, on peut citer le travail de M. Wedding (Berlin), qui montre que la solubilité de l'hydrogène dans le fer passe par deux maxima très nets vers 100° et 1.000°.

M. E. Heyn (Berlin) indique comment la métallographie permet de donner la théorie des procédés du pattinsonage et du puddlage.

§ 2. — Explosifs.

Dans cette sous-section, qui comprenait aussi les gaz comprimés, presque toutes les communications concernent les dangers d'explosion et l'essai des matières explosives. MM. Lenz et Bergmann montrent ainsi que la présence de 0,5 °/₀ de perchlorate ne peut causer aucun danger dans la poudre noire; M. Zacharias (Athènes) fait remarquer combien le coton nitré bien fabriqué est stable, même après un délai de plus de vingt ans; M. Simon Thomas (Amsterdam) attire l'attention sur le rôle que joue le fer dans la décomposition spontanée de tous les explosifs à base de nitroglycérine.

IV. — Section de l'Industrie chimique des Produits organiques.

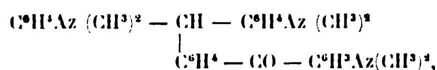
§ 1. — Produits organiques.

MM. Engler (Karlsruhe) et Holde (Berlin) examinent en détail tous les procédés qui permettent de distinguer l'huile de pétrole brute de l'huile additionnée intentionnellement de résidus de distillation dans le but d'éviter les droits de douane qui frappent les pétroles raffinés.

Après un certain nombre de communications sur le caoutchouc et sa régénération (C. O. Weber Manchester), sur la dénaturation de l'alcool (Bannow, Berlin), etc., M. Connstein (Berlin) décrit la méthode intéressante de saponification des graisses par les enzymes; il montre que le problème indus-

triel est résolu tant au point de vue du rendement que de la rapidité de réaction.

M. Haller (Paris) décrit ses recherches sur l'analyse et la synthèse du vert phtalique, recherches qui l'ont conduit à la formule de constitution :



$$C^6H^4Az(CH^3)^2 - CH - C^6H^4Az(CH^3)^2$$
$$\quad | $$
$$C^6H^4 - CO - C^6H^3Az(CH^3)^2,$$

et M. Aschan (Helsingfors) montre comment l'oxydation des naphtènes extraits à 75-80° des pétroles russes constitue une source abondante des acides adipique et succinique.

§ 2. — Matières colorantes.

M. R. Möhlau (Dresde) montre que la méthode acéto-sulfurique de Möhlau et Zimmermann donne les meilleurs résultats dans l'analyse de l'indigo.

Après quelques communications sur la théorie et les réactions de la teinture, M. Noelting (Mulhouse) étudie les substances tannantes au point de vue de la teinture et de l'impression et indique que la méthode de Wilhelm permet facilement de déterminer leur valeur.

La Section discute ensuite certains points de nomenclature.

V. — Sections de Sucrerie et Distillerie.

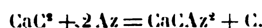
La Commission internationale nommée en 1900 fixe à 26 grammes le poids normal de sucre dissous à 20° dans 200 centimètres cubes. Quant à l'industrie sucrière elle-même, rien de saillant à signaler parmi les communications.

M. Rosenstiehl (Enghien) montre que, dans certaines conditions, l'activité de la levure est diminuée par la présence de tanin (moût de pommes) entraîné par les cellules de levure; celles-ci jouissent également de la propriété curieuse de fixer certaines matières colorantes, même artificielles, comme le vert malachite ou la fuchsine. Au point de vue des applications de l'alcool, M. Wittelshöfer (Berlin) constate que, dès maintenant, les usages industriels consomment le tiers de la production.

Cette consommation se justifie par l'économie dans le chauffage et l'éclairage, économie surtout sensible dans les moteurs, où l'effet utile (30-34 %) est le double de celui qu'on obtient dans les moteurs à pétrole ou à benzine.

VI. — Section de Chimie agricole.

On peut noter surtout l'apparition de nouveaux engrais azotés, les cyanamides calciques, obtenues par fixation de l'azote, soit sur CaC^2, soit même sur le mélange de chaux et de charbon qui fournit le carbure :



$$CaC^2 + 2Az = CaCAz^2 + C.$$

D'après les expériences de culture de Wagner (Darmstadt) et Gerlach (Posen), l'azote, sous cette forme, équivaudrait à l'azote ammoniacal et ne serait que de peu inférieur à l'azote nitrique. Vu le prix actuel des engrais azotés, la fabrication de ces composés pourrait être rémunératrice là où l'énergie est à très bon marché.

M. Gabriel Bertrand (Paris) expose ses expériences sur les *engrais complémentaires*, où de très petites quantités de corps tels que S, As, Bo, Mn, Zn, etc., augmentent d'une façon considérable l'effet utile de l'engrais azoté, phosphaté, etc.

Après un grand nombre de communications sur l'analyse chimique, mécanique et bactériologique du sol, sur la nourriture des animaux, le lait, le beurre, etc., M. Pellet (Paris) montre que, dans les engrais, le perchlorate de soude est le plus nuisible; quant au chlorate, il ne l'est pas du tout; par suite, seule la détermination de l'acide perchlorique peut renseigner sur la nocivité éventuelle d'un nitrate de soude.

VII. — Section d'Hygiène, Chimie médicale et pharmaceutique, Aliments.

Vu le nombre considérable des communications, cette Section s'était scindée en deux sous-sections.

Parmi les travaux publiés (outre ceux qui concluaient par des vœux et que nous verrons plus loin), nous citerons le travail de M. G. Schacherl sur l'emploi des colorants dans les produits alimentaires. Si les colorants inoffensifs, comme les azoïques, peuvent être autorisés quand il s'agit de donner simplement meilleure apparence, comme dans les sucreries, ils doivent être sévèrement interdits quand ils permettent de tromper sur la nature de la marchandise vendue, comme dans le cas du café Santos, qu'un peu de vert malachite permet de baptiser café de Porto-Rico.

Parmi les médicaments nouveaux, M. Frenkel (Paris) signale les superoxydes de magnésium (*hopogane*) et de zinc (*ektogane*), employés l'un comme antiseptique stomacal et l'autre en dermatologie.

Pour les alcools, M. Quantin (Havre) fait renouveler un vœu de 1896 demandant la non-fixation d'un minimum d'impuretés dans les spiritueux; cette fixation, outre qu'elle n'éviterait pas l'adjonction des alcools d'industrie, aurait pour effet de provoquer l'adjonction méthodique d'impuretés.

VIII. — Section de Photographie.

Les communications principales portaient sur les persulfates (Seyewetz, Lyon), les sensibilisateurs (König, Hœchst) et surtout sur la photographie des

couleurs par le procédé classique de superposition de trois clichés. A cette dernière communication du Professeur A. Miethe se rattachait une séance au théâtre Urania, séance dans laquelle furent projetées des vues colorées vraiment remarquables.

IX. — SECTION D'ÉLECTROCHIMIE.

Le Congrès coïncidait avec la réunion annuelle de la Société Bunsen de Physique appliquée (ancienne Société allemande d'Électrochimie).

M. W. Nernst (Göttingue) détermine, au moyen d'un ingénieux appareil de Meyer en iridium, la densité de vapeur de différents corps vers 2.000°; CO^2, Hg, H^2O, NaCl, KCl ont des poids moléculaires normaux; quant au soufre, sa molécule paraît se dédoubler et ce métalloïde tend vers la monoatomicité. Après un certain nombre de communications sur l'état actuel de l'Electrochimie appliquée aux produits inorganiques, M. H. Moissan fait part de ses recherches sur les carbures des métaux rares alcalins et montre, dans une étude sur la réductibilité de la chaux par le carbone, qu'à la température de fusion de la silice (1.700°) il n'y a aucune réaction; ce fait montre l'impossibilité de provoquer cette réduction dans les fours industriels ordinaires.

Dans un travail sur la fabrication de l'acier au four électrique, M. Goldschmidt (Christiania) donne l'état actuel de cette importante question. Il décrit surtout le procédé de Stassano; en France, avec les procédés Hérault, les usines de Froges et de La Praz paraissent avoir résolu le problème d'une production réellement industrielle.

Après de longues communications sur la réaction catalytique qui donne naissance à l'anhydride SO^3, M. Lebeau (Paris) décrit les principaux constituants des produits métallurgiques, M. Guntz (Nancy) donne la préparation du baryum et de son sous-chlorure BaCl, et M. Taylor (Penn Yan, U. S. A.) étudie la fabrication de CS^2 au four électrique.

M. Sabatier (Toulouse) indique les curieuses réductions de composés organiques provoquées par l'emploi des métaux comme catalysateurs en présence d'hydrogène; à cette communication on peut rattacher toutes celles traitant de l'Électrochimie organique (C. Marie, Paris; Elbs, Giessen; Löb, Bonn, etc.). De l'ensemble se dégage l'impression que, malgré les travaux considérables exécutés dans cette voie, l'application technique semble encore restreinte.

La Section, en tant que Société Bunsen, adopte finalement un certain nombre d'unités, de symboles et d'abréviations destinés à être employés dans les travaux d'Électrochimie. Nous retrouverons dans les décisions du Congrès cette nomenclature, diminuée de certains termes non employés en dehors de l'Allemagne.

X. — SECTION DES QUESTIONS JURIDIQUES ET ÉCONOMIQUES.

Aux dix Sections de 1900 était venue s'ajouter cette année une 11e Section, comprenant les questions de droit et les questions économiques qui intéressent les industries chimiques. Les communications, nombreuses, portèrent principalement sur les marques de fabrique, la législation des brevets dans les différents pays, pour l'industrie chimique en général et pour les matières colorantes en particulier (Chapuis, Saint-Denis).

La sécurité des ouvriers fut aussi l'objet de communications importantes, à la suite desquelles la Section adopta un ensemble de résolutions intéressant l'hygiène, les dangers courus par les ouvriers et les moyens de préservation correspondants.

XI. — SÉANCE DE CLOTURE.

Dans cette séance, les secrétaires des Sections rendirent compte des travaux exécutés dans chacune d'elles, et, en particulier, donnèrent lecture des vœux soumis au vote du Congrès.

Ces vœux, dont nous ne pouvons donner qu'un rapide exposé, réglementent l'analyse des nitrates, l'analyse des eaux minérales, l'essai des matières explosives, la recherche de l'arsenic dans les tissus (tolérance de 0 gr. 002 par 100 cm^2), etc.

Le Congrès fixe ensuite quelques points de nomenclature (azoïques, dérivés de l'anthracène et du naphtalène), propose d'interdire l'adjonction de fécule à la bière, et adopte pour les unités électrochimiques les unités fixées d'un commun accord par la Société Bunsen et la Commission internationale nommée en 1900 (H. Moissan, Président, C. Marie, Rapporteur).

Enfin, la dernière Section communique une série de résolutions provisoires concernant les brevets, l'interdiction du phosphore blanc dans les allumettes, l'inutilité actuelle d'une réglementation des cartels et les précautions à prendre dans l'emploi, toujours croissant, des gaz comprimés.

En fin de séance, le sénateur Paterno invite le Congrès à se réunir à Rome en 1906, et la majorité des membres présents accepte cette invitation. Les délégués anglais avaient fait la même proposition pour Londres; cette invitation sera représentée au Congrès de Rome qui, sur la proposition de H. Moissan, aura lieu dans deux ans, dans le courant de 1905.

C. Marie,
Préparateur d'Électrochimie à la Faculté des Sciences.

LA THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL

PREMIÈRE PARTIE : RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les propriétés si bizarres et si inattendues que possèdent les alliages de fer et de nickel ont semblé, pendant un temps, défier toute tentative de les rattacher à une théorie générale et unique; puis un classement s'est opéré de lui-même, une certaine logique est apparue, et ces propriétés, qui semblaient, au premier abord, si disparates, ont laissé apercevoir des traits communs, et permis quelques rapprochements imprévus. De là est née la certitude de pouvoir les ramener un jour à une ou deux idées directrices et à un petit nombre de phénomènes intimes et fondamentaux, dont les manifestations pourraient être pressenties. Ce n'était là qu'un premier pas vers une théorie complète.

Isoler ces phénomènes, les décrire, les combiner entre eux pour remonter aux propriétés elles-mêmes, telle est la tâche que l'on peut encore se proposer, et qui n'a pas été entièrement accomplie jusqu'ici.

Je ne me flatte pas d'y être parvenu, et, comme on le verra dans l'exposé qui va suivre, plus d'un point reste mystérieux ou obscur. Je crois cependant que l'on possède assez de résultats expérimentaux pour faire un pas en avant dans cette théorie, moins indépendante qu'on ne serait tenté de le croire des quelques principes qui ont guidé dans ces dernières années les chercheurs dans l'explication des phénomènes que présentent les alliages en général. Seules les propriétés particulières des constituants apportent ici des éléments nouveaux, dont il faut tenir compte, mais qui, tout en faisant apparaître des lois différentes de celles que l'on considérait comme nécessaires et évidentes, laissent intacts les principes, leur ajoutant seulement de nouveaux domaines.

L'exposé que je vais essayer de faire sera long par la force des choses; je m'efforcerai de le rendre clair, mais les détails sont nombreux qu'il faut connaître pour avancer sûrement dans une théorie qui cache des pièges et conduit aisément dans de fausses voies; ce n'est donc qu'après avoir décrit une multitude de faits d'expérience que nous pourrons aborder des hypothèses fondées sur le rapprochement de ces faits.

I. — Théories en présence.

Il y a quelques années[1], j'ai tenté de rattacher la théorie des aciers au nickel à l'idée, encore peu répandue alors, d'un équilibre chimique dans les corps solides. Les principes généraux en ont été généralement acceptés, et se sont trouvés susceptibles d'une extension, dont j'ai donné une rapide esquisse dans un Rapport présenté au Congrès international de Physique de 1900[1].

Mais, si l'idée fondamentale d'où j'étais parti a paru admissible, il n'en est pas de même du mécanisme de détail — une combinaison variable du fer et du nickel — dans lequel j'avais cru pouvoir la spécialiser. Cette image hypothétique des phénomènes a été combattue, avec beaucoup de bienveillance, par M. H. Le Chatelier et M. Osmond, et avec toute l'autorité qui s'attache au nom de deux des créateurs de la théorie allotropique. Puis une autre spécialisation est apparue, proposée par M. L. Dumas, et appuyée de belles expériences; très séduisante, d'une extrême simplicité, cette théorie expliquait à merveille une partie des phénomènes; et si même, comme le montra nettement M. Osmond, elle semblait en défaut pour d'autres, elle méritait d'être sérieusement examinée, et même, au besoin, étayée par quelques hypothèses supplémentaires. Nous la discuterons dans la suite.

Tandis que les théories s'accumulaient sans qu'aucune parût à l'abri de toute objection, l'étude des aciers au nickel avançait rapidement, grâce aux multiples emplois que leur assurent dans l'industrie et les arts de précision leurs propriétés toutes d'exception, apportant à la théorie de subites clartés, et aux hypothèses de solides appuis.

L'explication générale qui me semble la plus probable emprunte beaucoup aux premières idées de M. Le Chatelier et de M. Osmond. Mais elle en montre pour la première fois, je crois, toute la logique, restée peut-être un peu vague dans les exposés forcément sommaires qu'ils en avaient faits, à une époque où les propriétés des aciers au nickel étaient encore peu connues; peut-être les éminents promoteurs de la théorie allotropique des aciers s'étaient-ils alors laissé guider, plus que par un raisonnement rigoureux, par cette sorte d'instinct ou de seconde vue qui conduit le chercheur de race, et, suivant une expression très juste de Sir O. Lodge, « lui permet souvent d'affirmer beaucoup plus qu'il ne peut réellement prouver ».

[1] L'équilibre chimique dans les solides et les aciers au nickel (*Revue gén. des Sciences*, t. IX, p. 282; 1899).

[1] *Les déformations passagères des solides* (Rapports, tome I, p. 432).

II. — Propriétés du fer et du nickel.

Il serait illusoire de tenter d'établir une théorie des alliages de fer et de nickel, si l'on ne connaissait pas les propriétés que possèdent leurs principaux constituants à l'état isolé.

Comme nous le verrons plus loin, la plupart des anomalies de ces alliages ne sont, en réalité, qu'une exagération, ou une déformation parfois considérable de celles de leurs éléments; mais la trace de ces dernières se retrouve dans toutes ces variations.

Des deux constituants principaux des aciers au nickel, le fer est celui qui a été le mieux étudié; son importance industrielle, la complexité de ses transformations, la multiplicité des combinaisons auxquelles il donne lieu, expliquent suffisamment la préférence marquée que lui ont témoignée les chercheurs. Dès l'année 1869, M. Gore annonçait que, lorsque le fer est chauffé au rouge, il éprouve une série de transformations, qu'à défaut de mesure précise de la température, il plaçait dans une même région de l'échelle, et qu'il était ainsi conduit à considérer comme absolument connexes.

Des recherches ultérieures ont appris à reconnaître, dans cette transformation globale indiquée par M. Gore, une série de modifications distinctes les unes des autres, mais qui se placent dans cette région vaguement définie comme étant comprise entre le rouge sombre et le rouge cerise clair.

Nous allons étudier ces transformations avec quelque détail, sans prétendre en aucune façon épuiser le sujet, et dans le seul but d'y trouver des points d'appui certains pour la théorie qui sera ultérieurement développée.

§ 1. — Phénomènes thermiques.

Deux méthodes ont été mises en œuvre dans le but de déterminer le dégagement ou l'absorption de chaleur qui se produit lorsqu'un échantillon de fer traverse la région des transformations. La méthode rigoureusement calorimétrique permet de mesurer avec précision la grandeur de ce phénomène, mais ne peut jamais donner qu'une intégrale comprenant, en général, un intervalle de température étendu, et d'où les phénomènes délicats ne ressortent qu'avec difficulté. Une autre méthode, assurément moins précise s'il s'agit réellement d'une mesure, consiste à chauffer l'échantillon dans une enceinte isotherme ou à le laisser refroidir, soit à l'air libre, soit dans une enveloppe plus ou moins isolante, et à suivre, dans les deux cas, les indications d'un couple thermo-électrique soudé au barreau. Par cette méthode, on peut saisir le phénomène instantané, en enregistrant simplement la vitesse avec laquelle varie la température[1].

Appliquée au fer, cette dernière méthode montre une série de ralentissements qui se produisent toujours dans les mêmes limites de températures, mais n'ont que vaguement l'aspect d'un palier, comme on en constate toujours dans le cas de la solidification d'un métal.

Voici, par exemple, comment M. Osmond caractérisait, en 1890[2], les phénomènes observés au refroidissement: Vers 855°, la température subit un arrêt généralement assez brusque; un ralentissement beaucoup moins marqué se produit entre 750° et 690°, tandis que, vers 660°, un troisième ralentissement semble se produire encore, mais n'a pas toujours été observé, et doit être considéré comme douteux[3].

M. Osmond désigne ces trois points dans l'ordre où ils viennent d'être indiqués par Ar_3, Ar_2 et Ar_1; les deux premiers séparent les trois variétés du fer désignées par γ (au-dessus de Ar_3), β (entre Ar_3 et Ar_2), α (en proportion croissante au-dessous de Ar_2).

Aussitôt que des éléments étrangers sont ajoutés au fer, le caractère propre aux dégagements de

---

[1] Cette méthode fournit des résultats particulièrement nets lorsqu'on l'emploie sous la forme différentielle imaginée par le regretté Roberts-Austen, en déterminant la différence de température entre deux soudures fixées l'une au barreau étudié, l'autre à un barreau de métal n'éprouvant pas de transformation, et dont la capacité calorifique moyenne est la même que celle du premier, dans l'intervalle des températures considérées; les ralentissements sont alors remplacés par des déviations du galvanomètre qui resterait au zéro si la loi de refroidissement des deux barreaux était la même.

[2] Osmond : On the critical points of iron and steel (*Phil. Mag.*, (5), t. XXXIX, p. 511).

[3] Dans une communication personnelle récente, M. Osmond complète comme suit les précédentes indications relativement aux points les plus bas : « ... La transformation de β en α, qui, d'après mes anciennes mesures, commencerait à 750°, est en grande partie achevée à 690°; mais il semble que la fin se prolonge fort au-dessous sans limites précises. Les deux transformations sont pratiquement réversibles dans le fer pur ». M. Osmond rattache donc aujourd'hui le point Ar_1, douteux dans le fer à peu près pur, à la fin de la transformation Ar_2; dans les aciers au carbone, le point Ar_1 prend une notable intensité; il correspond alors à la transformation du carbone de trempe en cémentite, et de la martensite en perlite. Dans la même lettre, M. Osmond rectifie dans les termes suivants les indications relatives aux températures : « Mes chiffres doivent subir une correction pour être mis en harmonie avec les bases actuelles. J'ai étalonné mon pyromètre en partant de la solidification du sulfate de potassium donnée par M. Le Chatelier à 1015°, par rapport à la fusion de l'or à 1045°. Depuis, le point de solidification du sulfate de potassium a été relevé d'une vingtaine de degrés par rapport au point de fusion de l'or, et ce dernier d'autant en valeur absolue. En faisant la correction, on arriverait à peu près exactement aux chiffres de Sir W. Roberts-Austen, toujours pour le fer pur : c'est-à-dire qu'on aurait A_3 à 890°, le début de A_2 vers 775° avec maximum vers 750° et terminaison progressive difficilement déterminable par la méthode thermique ».

chaleur auxquels correspondent ces trois points se modifie; les points s'agglomèrent en un seul, certainement par le rapprochement de 3 et 2 et, dans certains cas, par la disparition du point douteux 1; en même temps, les dégagements de chaleur s'exagèrent considérablement. Déjà, dans un alliage

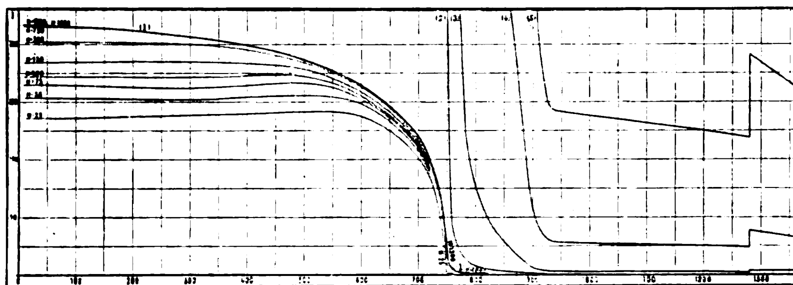


Fig. 1. — *Courbes d'aimantation du fer, d'après M. P. Curie.*

contenant moins de 4 °/₀ de nickel, les points se trouvent réunis, et semblent l'être dans tous les alliages plus riches en éléments étrangers [1].

Dans l'étude des aciers au nickel, nous n'aurons donc à considérer qu'un point de transformation, partageant les modifications allotropiques que l'étude du fer pur a fait découvrir.

Appliquée au nickel par J. Hopkinson, cette méthode n'a donné que des résultats négatifs.

Les recherches de beaucoup les plus complètes et les plus précises faites par la méthode calorimétrique dans le domaine qui nous occupe sont dues à M. Pionchon [2]. Comme M. Osmond, il a pu caractériser une série de transformations du fer qui l'ont conduit à exprimer la chaleur spécifique de ce métal par trois formules distinctes, valables respectivement dans les régions limitées par les températures 0°, 660°, 720° et 1.000°. Une quatrième formule est attribuée à l'intervalle de 1.050° à 1.200°, mais elle correspond au passage dans une région dont nous n'aurons pas à nous occuper.

M. Pionchon établit aussi que la chaleur spécifique du nickel doit être représentée par trois formules distinctes dont les limites sont 0°, 230°, 400° et 1.150°, terme des expériences. Les courbes tracées par M. Pionchon montrent la rapide variation de la chaleur spécifique, surtout pour le fer, dans la région moyenne 660°-720°. Aux températures élevées, la chaleur spécifique du fer est 0,218, alors qu'elle est égale à 0,110 seulement à 0°.

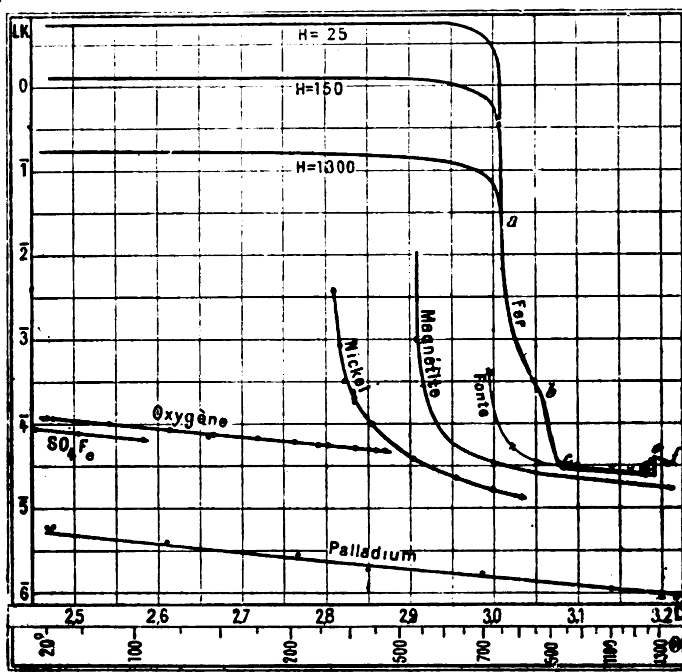


Fig. 2. — *Courbes d'aimantation de divers métaux en coordonnées logarithmiques (Curie).*

§ 2. — **Propriétés magnétiques.**

1. *Fer.* — Les études les plus complètes sur les propriétés magnétiques du fer sont dues à M. P. Curie [1].

Les deux réseaux de courbes des figures 1 et 2 résument ses expériences. Les températures sont portées en abscisses, l'intensité de l'aimantation en ordonnées ; chacune des courbes de la partie gauche de la figure correspond à un champ magnétique différent, depuis 25 jusqu'à 1.300 unités C. G. S. A droite, les courbes 2, 3, 4 et 5, tracées à une échelle 10, 100, 1.000,

[1] Osmond : Experiments on alloys of iron and nickel (*Proceed. of the Inst. of Civil Eng.*, t. CXXXVIII).

[2] G. Pionchon : Recherches calorimétriques sur les chaleurs spécifiques et les changements d'état aux températures élevées (*Journ. de Physique*, 2e s., t. VI, p. 269, 1887).

[1] P. Curie : Propriétés magnétiques des corps à diverses températures (*Thèse*, 1895, Gauthier-Villars).

5.000 fois plus forte que celle de l'ensemble du diagramme, montrent les détails du phénomène aux températures élevées[1].

La deuxième figure est tracée en ordonnées logarithmiques; elle fait surtout nettement ressortir l'endroit précis où les divers métaux, et le fer en particulier, commencent à suivre la loi de l'inverse de la température, qui semble générale pour les corps faiblement magnétiques (loi de Curie); mais, déjà au-dessous de cette température, la susceptibilité magnétique du fer cesse d'être une fonction du champ, et ne commence à le devenir qu'au début de la transformation marquée par la chute rapide des courbes dans le premier réseau.

Le point Ar_3 de M. Osmond se retrouve dans les courbes de M. Curie; le coude brusque semble situé, il est vrai, un peu plus haut, mais le gros de la transformation est bien dans la région indiquée par M. Osmond.

Quant au dégagement de chaleur marqué par Ar_2, il correspond, à n'en pas douter, à l'apparition du ferromagnétisme; il commence, ainsi que nous l'avons vu, d'une façon assez nette, mais va en se diffusant; l'allure des courbes d'aimantation répond à la même description. On peut donc admettre que le dégagement de chaleur accompagne toute la transformation qui fait apparaître le ferro-magnétisme.

Il est une autre particularité, très peu apparente, du réseau, sur laquelle je désire dès maintenant attirer l'attention. Si l'on coupe, tout près de l'axe des abscisses, les courbes de la figure 1 dans le sens horizontal, on remarque qu'elles se séparent nettement, indiquant que la transformation dans les champs intenses débute à une température un peu plus élevée que dans les champs faibles. Je m'en tiendrai, pour le moment, à cette indication, ayant l'intention de revenir ultérieurement sur ce phénomène.

2. *Nickel.* — M. Curie a consacré aussi d'importants travaux à l'étude des propriétés magnétiques du nickel; mais, dans l'idée que ces propriétés avaient été étudiées d'une façon suffisante par Hopkinson jusqu'au delà de la température correspondant à la perte du ferro-magnétisme, il s'est borné à étudier le nickel dans une région où il est faiblement magnétique, c'est-à-dire entre 373° et 806°.

Or, les recherches de Hopkinson, ayant été faites sur un échantillon de nickel contenant 5 °/₀ environ de corps étrangers, ont conduit à une valeur trop basse de la température de transformation.

[1] D'après ces courbes, il se produit une nouvelle transformation au-dessus de laquelle le fer est peut-être à un quatrième état.

Les expériences récentes de M. Bruce Hill[1] en ont donné une valeur plus exacte; la courbe de la figure 3 résume ces recherches[2]. On voit, conformément aux résultats des expériences antérieures, que le nickel comme le fer perd son magnétisme d'une façon graduelle. La première partie de la courbe présente une inclinaison du même ordre que celle qui correspond aux variations de tous genres qu'éprouvent les métaux en fonction de la température; mais, à partir de 260° ou 280°, la chute devient plus brusque, indiquant non plus une variation ordinaire, mais une véritable transformation. La perte du ferro-magnétisme est marquée ici à 340°.

Nous verrons plus tard quelle signification doit

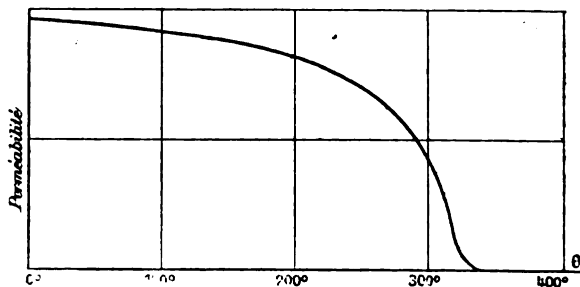


Fig. 3. — *Variations du magnétisme du nickel.*

être attribuée à cette allure particulière de la variation du magnétisme.

§ 3. — Changements de dimensions.

1. *Fer.* — On sait depuis longtemps que la formule exprimant la dilatation du fer aux températures ordinaires possède un second terme important, indiquant une augmentation sensible des dilatations à mesure que la température s'élève.

Les expériences directes exécutées par M. H. Le Chatelier[3] jusqu'à des températures élevées ont confirmé cette déduction, et montré que le coefficient vrai augmente régulièrement jusque vers 900°, température où il atteint la valeur de 17 millioniémes, après être parti de 11,5 à 0°. Puis, le fer éprouve une contraction considérable, répartie sur un intervalle de température peu étendu, et reprend ensuite sa marche ascendante[4].

[1] B. Hill : Ueber das magnetische Verhalten der Nickel-Kupfer and Nickel-Zinnlegirungen (*Verh. Deutsch. Phys. Ges.*, t. IV, p. 194, 1902).

[2] La valeur du champ n'est pas indiquée. M. H. Tomlinson a montré que, comme pour le fer, la transformation magnétique dépend du champ (*Phil. Mag.*, t. xxv, p. 372; 1888).

[3] H. Le Chatelier : Sur les propriétés des alliages, *in* Contribution à l'étude des alliages (*Publications de la Société d'Encouragement*, p. 402).

[4] Dans un mémoire paru tout récemment (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, avril 1903), MM. Charpy et Grenet indiquent, aux températures supérieures à la transformation, un coefficient de dilatation du fer égal à 20 millioniémes environ. Ce nombre rend mieux compte que la valeur donnée par M. Le Chatelier des changements de volume qu'éprouvent certains aciers au nickel.

Les expériences de M. Le Chatelier ont montré que, pour un même échantillon, les températures entre lesquelles se produit le changement varient légèrement, sans qu'on puisse, pour le moment, en indiquer la cause d'une façon certaine. La contraction, qui est au total de 2,5 à 3 millimètres par mètre, semble s'opérer à des températures un peu différentes à la chauffe et au refroidissement, même dans le fer à peu près pur; cependant, comme on sait que les plus petites impuretés produisent de tels retards, on pourra admettre, au moins à titre d'hypothèse, que, dans le fer pur, la transformation s'effectue dans les deux sens au même point.

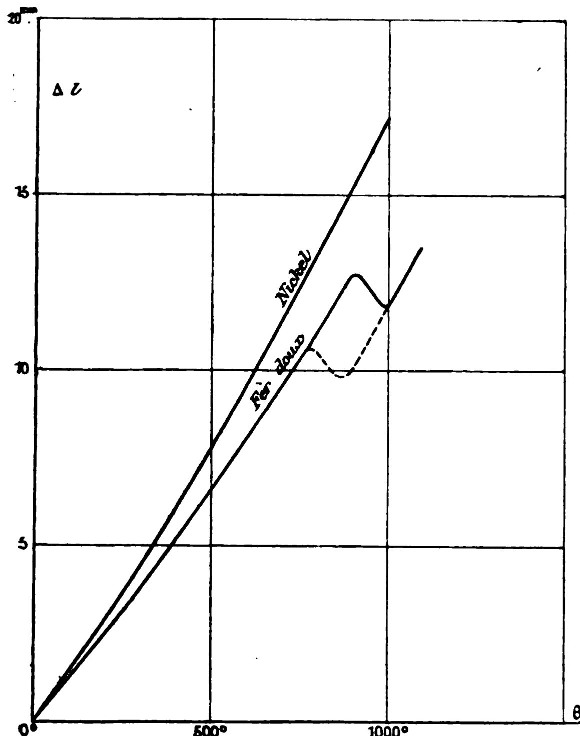


Fig. 4. — *Dilatation thermique du fer et du nickel.*

L'une des courbes de la figure 4 représente les résultats obtenus par M. Le Chatelier sur un échantillon de fer à 0,05 % de carbone. On voit que le changement anomal de longueur s'effectue à une température beaucoup plus élevée que la transformation magnétique, et correspond assez exactement à la transformation supérieure de M. Osmond, c'est-à-dire au passage du fer β au fer γ et inversement; on pourra donc rapporter ces deux indications à la même transformation.

M. Le Chatelier a montré aussi que la température du rapide changement de longueur s'abaisse lorsqu'on augmente la teneur en carbone, et que ce changement lui-même peut être complètement dénaturé dans certaines fontes de moulage.

2. *Nickel.* — On ne possède pas, à ma connaissance, de résultats permettant de tracer pour le nickel une courbe continue comme pour le fer; on en est donc réduit à des conjectures pour les particularités de cette courbe.

MM. Holborn et Day[1] ont, il est vrai, effectué des mesures précises de la dilatation du nickel jusqu'à 1.000°; mais ils ont opéré sur des points espacés, et n'indiquent aucune mesure dans la région de la transformation. Ils constatent seulement qu'une formule déduite de quatre températures dont les extrêmes sont 375° et 1.000° donnerait pour la dilatation entre 0° et 250° une valeur un peu trop élevée; en d'autres termes, la courbure de la ligne représentative des dilatations est moins forte après qu'avant la transformation. Mais ces différences sont peu importantes; ainsi la deuxième courbe de la figure 4, tracée en portant les points directement observés par MM. Holborn et Day, et dont la partie inférieure résulte de mes propres expériences[2] sur sept échantillons de nickel, ne permet pas, à l'échelle du dessin, de reconnaître avec certitude l'allure différente des courbes ou l'existence d'une transformation[3]. Les transformations du nickel ne sont donc pas accompagnées, à beaucoup près, de phénomènes aussi complexes et aussi accentués que les transformations du fer.

§ 4. — Propriétés électriques.

Tandis qu'une série de propriétés des alliages rappellent celles des constituants, leurs propriétés électriques s'en éloignent généralement beaucoup; tout mélange élève la résistivité des métaux purs et abaisse leur coefficient de variation; c'est à peu près la seule règle générale qu'il ait été jusqu'ici possible de formuler sur ces phénomènes[4].

[1] Holborn et Day : Die Ausdehnung einiger Metalle in hoher Temperatur (*Ann. der Phys.*, t. IV, p. 104, 1901).

[2] Ch.-Éd. Guillaume : Recherches sur le nickel et ses alliages (*Archives de Genève*, t. V, p. 255, 1898, et une brochure Gauthier-Villars).

[3] Il est intéressant, au point de vue purement métrologique, comme aussi pour l'idée plus générale de la régularité des propriétés des métaux purs, de rapprocher les résultats de mes expériences de ceux obtenus par MM. Holborn et Day. Mes expériences ont été faites à une série de températures comprises entre 0° et 38°. Leurs résultats, extrapolés jusqu'à 250°, donnent, pour une barre de nickel de 1 mètre, chauffée depuis 0° jusqu'à cette température, un allongement de 3mm,51. La valeur directement trouvée par MM. Holborn et Day est 3mm,49. Or, la dilatation vraie à 0° est égale à $12,49 . 10^{-6}$; le coefficient moyen entre 0 et 250° est égal à 14,03; les expériences précises faites sur un petit intervalle de température ont donc permis de déterminer non seulement la direction générale de la courbe, mais même sa courbure avec une sécurité parfaite.

[4] L'ébauche d'une autre loi a été indiquée, pour certains alliages, par M. Le Chatelier, et étendue par M. Barrett : c'est que, dans un mélange complexe, on peut attribuer à chaque constituant une action spécifique additive, au moins lorsqu'un des métaux reste prépondérant et que chaque corps étranger n'est pas en trop grande abondance.

Quant aux propriétés thermo-électriques, on n'a pas pu les renfermer, même dans une loi aussi vague que celle qui concerne les résistivités[1].

Il n'y aura donc pas lieu de nous préoccuper des propriétés électriques du fer et du nickel pour la théorie de leurs alliages, et nous pourrons nous borner à cette remarque, que les transformations du fer sont marquées, comme l'a montré M. Le Chatelier en 1890, par des points anguleux plus ou moins accentués dans la courbe des résistivités, et qui se retrouveront dans les courbes correspondantes des alliages à faible teneur en nickel. Ce fait est parfaitement d'accord avec l'ensemble des phénomènes qui vont être décrits.

III. — Propriétés des aciers au nickel.

Contrairement à ce qui s'est produit pour l'étude du fer (ou des aciers ordinaires), les phénomènes thermiques accompagnant les transformations de ses alliages avec le nickel n'ont servi à en découvrir aucune; ils n'ont été étudiés que tardivement, alors que ces transformations étaient déjà bien caractérisées, et comme complément aux recherches précédemment achevées.

Ici, l'étude des propriétés magnétiques a joué dès le début un rôle à peu près prépondérant, bientôt appuyée par l'étude des variations de volume.

Dans l'exposé qui va suivre, j'adopterai l'ordre chronologique des découvertes, qui est aussi celui qui lui donne le plus de clarté.

§ 1. — Propriétés magnétiques.

On connaît, depuis une quinzaine d'années, sous la forme d'un produit industriel du nom de ferronickel, un alliage à 25 °/o de ce dernier métal, possédant la curieuse propriété d'être non magnétique.

Mais cet alliage n'avait que peu attiré l'attention des physiciens jusqu'au moment où Hopkinson démontra qu'après un refroidissement énergique, il était fortement attirable à l'aimant[2]. Cette découverte fut le point de départ d'une série de recherches de MM. H. Le Chatelier, Osmond, E. Dumont, L. Dumas et de moi-même[3], qui ont permis de caractériser, au moins dans leurs traits essentiels, le groupe de phénomènes dont fait partie celui que découvrit Hopkinson.

Portons en abscisses (fig. 5) les teneurs en nickel des alliages de ce métal avec le fer; le zéro correspondra au fer pur, le 100 au nickel pur; entre ces deux extrêmes, la composition sera centésimale. En ordonnées nous porterons les températures, et les courbes du diagramme indiqueront l'apparition ou la disparition des propriétés magnétiques pour une teneur et une température déterminées.

Dans la partie gauche, le diagramme se compose de deux courbes distinctes, qui vont en divergeant à partir d'un point; à droite, la courbe est unique. C'est qu'en effet, dans les fortes teneurs en nickel, les propriétés magnétiques apparaissent et disparaissent à une même température pour un alliage déterminé[1]; pour les fortes teneurs en fer, au contraire, le magnétisme, qui se manifeste pour la première fois lorsqu'on traverse à température descendante la courbe inférieure, n'abandonne l'alliage que lorsqu'on a dépassé au réchauffement la courbe supérieure.

Fig. 5. — *Transformations magnétiques des aciers-nickels.*

Le détail des phénomènes ne pourra être bien compris qu'en nous aidant d'autres diagrammes.

Supposons donc que nous ayons porté sur un troisième axe, perpendiculaire au plan des deux autres, la perméabilité magnétique des alliages, et

[1] Je dois mentionner cependant de très intéressantes tentatives faites par M. Liebenow et par Lord Rayleigh pour relier les résistivités des alliages aux pouvoirs thermo-électriques des constituants.

[2] J. Hopkinson : Magnetic properties of alloys of nickel and iron (*Proc. Roy. Soc.*, t. XXXXVII, p. 23, 1890).

[3] E. Dumont : Recherches sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel (*Archives de Genève*, t. V, p. 331, 1898). L. Dumas : Sur les positions des points de transformation magnétique des aciers au nickel (*C. R.*, t. XXIX, p. 42, 1899).

[1] Les diagrammes publiés par M. Osmond et par M. Dumas séparent, il est vrai, cette ligne en deux courbes très voisines; je crois cependant (et les résultats de mes expériences sont d'accord avec cette opinion, au moins en ce qui concerne les teneurs inférieures à 40 °/o) que les deux courbes se confondent réellement lorsqu'on opère à températures très lentement variables dans les deux sens. La séparation des courbes de gauche du diagramme dès l'origine tient au carbone et au manganèse que renferme toujours l'alliage; en réalité, dans un alliage pur de fer et de nickel, les courbes partiraient d'un point unique.

que nous fassions, dans la surface ainsi obtenue, deux coupes dont les traces sont marquées par les droites MN, PQ. Prenant maintenant la température comme abscisse, la susceptibilité magnétique comme ordonnée, les diagrammes des figures 6 et 7 représenteront les intersections avec les plans MN, PQ des surfaces d'apparition et de disparition du

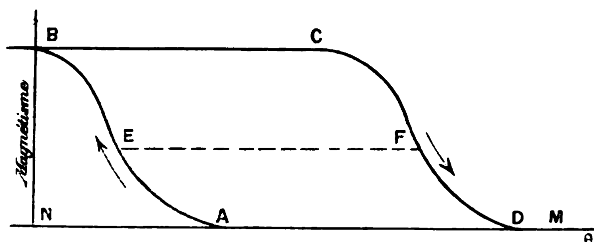


Fig. 6. — *Variations du magnétisme d'un acier-nickel irréversible.*

magnétisme en fonction de la température pour deux alliages déterminés, pris comme types des deux catégories.

Le premier alliage, partant d'une température élevée, reste non magnétique tant qu'il n'a pas atteint le point A (fig. 6); puis il devient magnétique suivant la courbe AB, jusqu'à la complète transformation; au réchauffement, le magnétisme reste à peu près constant jusqu'au point C, où il commence à baisser rapidement jusqu'à sa perte totale en D [1].

La transformation n'est pas nécessairement com-

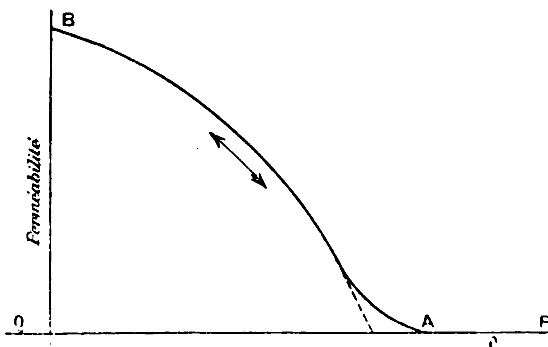


Fig. 7. — *Variations du magnétisme d'un acier-nickel réversible.*

plète; ainsi, le refroidissement peut être arrêté en E; les propriétés magnétiques acquises se conservent alors, à moins qu'on ne dépasse le point E dans un nouveau refroidissement ou que, en réchauffant, on aille au delà du point F. Le magnétisme reprend alors le cours de sa variation, augmentant le long de EB et diminuant suivant FD.

[1] Les phénomènes ne sont représentés que qualitativement dans les diagrammes non cotés; on n'y cherchera donc pas une indication métrologique relative aux grandeurs observées.

La coupe PQ nous révèle un tout autre phénomène; l'alliage se refroidissant jusqu'au point A (fig. 7), on voit apparaître le magnétisme, qui augmente graduellement suivant la courbe AB; mais, lorsque la température s'élève de nouveau, le magnétisme diminue le long de la même courbe, et disparaît au point A.

Les alliages de la première catégorie ont été désignés sous le nom d'*irréversibles*, ceux de la seconde sous la dénomination de *réversibles*.

J'ai indiqué quelques-uns des caractères de l'apparition du magnétisme dans les alliages réversibles; mais c'est seulement l'étude détaillée du phénomène, faite par M. E. Dumont, qui a fait apparaître une sorte de loi approximative des états correspondants, par le tracé précis des courbes AB pour des alliages de teneurs croissantes. Ces courbes présentent une allure presque identique, au point que l'on peut considérer les divers alliages de cette série, au moins en première approximation et jusqu'à 45 °/₀ de nickel, comme étant au même état magnétique à une même distance au-dessous du point A. L'ascension graduelle de la courbe AB a pu être suivie par M. Dumont sur un espace de plus de 200 degrés; même pour l'alliage à 45 °/₀, le plus riche en nickel qu'ait étudié M. Dumont, la variation du magnétisme est encore sensible aux températures ordinaires, bien que le point A soit très peu au-dessous de 400°.

Il suffit d'avoir signalé ici cette correspondance approximative de l'état magnétique des alliages, que nous retrouverons dans toutes leurs propriétés.

Aux teneurs très élevées en nickel, la courbe AB doit évidemment se redresser de plus en plus, pour établir la continuité avec celle du nickel pur; il y aura donc à tenir compte de cette déformation de la courbe dans une théorie complète.

Ce qui se passe à la rencontre des alliages des deux catégories était resté indécis dans les expériences de M. Osmond comme dans les miennes; il était réservé à M. Dumas de le faire connaître. Refroidissant un alliage réversible peu éloigné de la limite jusqu'à une température très basse, M. Dumas constata que la transformation magnétique se fixait pour ainsi dire, et ne repassait pas, au réchauffement, par les mêmes phases; ainsi la courbe AB correspondait à une transformation réversible dans ses débuts, tandis que, à partir d'un certain point plus ou moins éloigné de A, elle prenait le caractère irréversible. Généralisant ses recherches, M. Dumas démontra que la courbe KL de la figure 5 traverse la courbe GI et inversement, montrant ainsi que le caractère de réversibilité ne peut pas être attribué en propre à une catégorie d'alliages, mais seulement à une transformation déterminée; nous continuerons

cependant à désigner sous le nom de réversibles les alliages qui doivent toutes leurs propriétés essentielles à cette transformation; et, d'ailleurs, dès que la teneur s'écarte de la limite commune vers les hautes teneurs, la température du changement irréversible s'abaisse tellement qu'elle ne peut plus être pratiquement atteinte.

Pour montrer nettement la continuation de la transformation réversible à gauche du croisement, il était nécessaire d'avoir recours à un artifice : des additions de carbone abaissent la courbe des transformations irréversibles tout en restant sans action appréciable sur les réversibles. On peut ainsi faire reculer l'intersection des deux courbes vers les faibles teneurs en fer, tout en l'abaissant dans l'échelle des températures. Ces expériences, en complétant les précédentes, ont confirmé le croisement dans les deux sens.

Comme nous le verrons, cette allure des transformations a conduit à quelques difficultés dans l'établissement de la théorie générale des aciers au nickel.

§ 2. — Changements du volume.

Lorsqu'on refroidit une barre d'un alliage à moins de 25 °/₀ de nickel depuis la température de la forge jusque vers 0°, on la voit se raccourcir suivant la ligne à peu près droite DA (fig. 8)[1], dont le coefficient d'inclinaison est d'environ 18.10^{-6}, c'est-à-dire sensiblement celui que donnerait un laiton de moyenne qualité. Puis, continuant à refroidir, on voit la barre s'allonger rapidement en suivant la courbe AB, jusqu'à une certaine limite qui est atteinte à une température très basse.

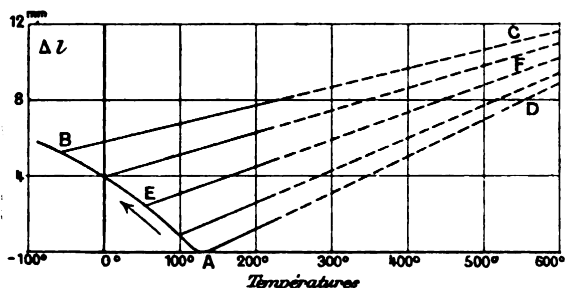


Fig. 8. — *Variations de longueur d'une barre d'acier à 14 °/₀ de nickel.*

Réchauffant alors, on constate que la règle, loin de repasser par BA, se dilate suivant BC; cette ligne, presque droite, est inclinée de 10 à 11.10^{-6}, valeur voisine de celle que l'on trouverait pour un acier ordinaire.

Comme dans les expériences magnétiques, on peut arrêter le refroidissement en E, et faire suivre alors à la règle une droite EF, dont l'inclinaison est comprise entre celles de AD et de BC.

Ainsi que pour le magnétisme, l'irréversibilité est complète et se produit, autant que les expériences permettent d'en juger, suivant un cycle dont les phases concordent, comme limites de température, avec celles qui marquent le début et la fin des transformations magnétiques.

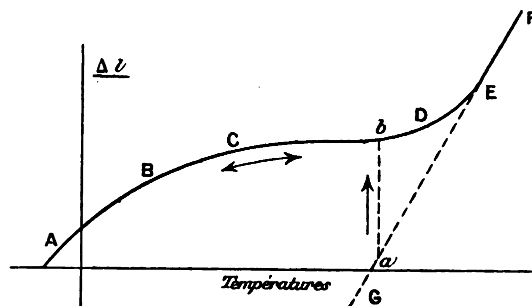


Fig. 9. — *Dilatation d'un acier-nickel réversible.*

Tous les alliages irréversibles participent au même phénomène, dont l'amplitude et les limites de température diffèrent seules, mais dont les caractères généraux se conservent exactement. Je dirai, à titre de renseignement, que, pour un alliage à 25 °/₀, l'allongement dû à la transformation complète, et compté verticalement entre le point A et la droite BC, est voisin de *6 millimètres par mètre*[1].

Dans les alliages réversibles, les phénomènes sont, en apparence, très différents. L'alliage, partant d'une température élevée, se contracte d'abord régulièrement suivant une droite FE (fig. 9), dont l'inclinaison est toujours supérieure à celle qui correspond à la dilatation du fer ou d'un mélange de fer et de nickel aux températures ordinaires, et diminue à mesure qu'augmente la teneur en nickel. Puis, dans la région des températures où le magnétisme commence à apparaître, le taux de la contraction diminue, la droite FE se prolonge dans une courbe accentuée ED, qui marque le commencement d'une période de diminution considérable de la variation en fonction de la température. Plus bas, la variation prend une allure plus régulière DC, pour aboutir à une autre courbe à courbure négative CB, qui se termine à son tour dans une ligne à très faible courbure de sens normal, BA. Dans cette dernière région, le taux de la varia-

[1] Ch.-Éd. Guillaume : Recherches sur le nickel et ses alliages. Le diagramme ci-dessus est la traduction immédiate des résultats de mes expériences, arrêtées à une température trop peu élevée pour permettre de tracer avec sécurité l'allure des variations du volume dans la transformation supérieure; j'ai cependant marqué, dans d'autres diagrammes, cette transformation, que MM. Charpy et Grenet viennent d'étudier expérimentalement.

[1] Cette indication a été donnée pour la première fois par J. Hopkinson et déduite d'une mesure de la densité de l'alliage aux deux états.

tion est celui d'un mélange de fer et de nickel aux températures ordinaires[1].

A ces températures, les alliages d'une teneur en nickel très peu supérieure à 25 °/₀ se trouvent dans la région EF ; la région DE correspond aux teneurs comprises entre 27 et 32 °/₀ environ ; jusqu'à 36 ou 37 °/₀, on se trouve dans la région CD, et, jusque vers 48 ou 50 °/₀, dans la région BC ; au delà, et surtout à partir de 60 °/₀, les alliages sont, aux températures usuelles, dans la région représentée par le segment AB, ou dans la région inférieure en A, c'est-à-dire qu'ils possèdent des propriétés normales.

A des températures plus élevées, chaque région correspond à des alliages ayant une plus forte teneur en nickel, et la courbe complète, de A à F, graduellement déformée, se déplace dans son ensemble dans l'échelle des températures, suivant

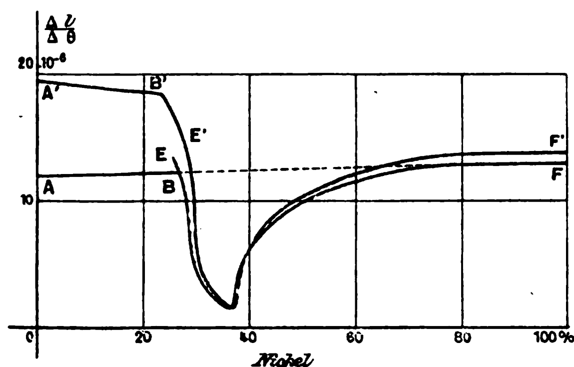


Fig. 10. — *Dilatations vraies des aciers au nickel en fonction de la teneur.* — AB, A'B', limites des irréversibles ; EF, E'F', alliages réversibles, respectivement à 0° et à 50°.

pas à pas l'ascension de la courbe des transformations réversibles (courbe KL de la figure 5).

Ce qui vient d'être dit nous permet de tracer la courbe des dilatations vraies en fonction de la teneur ; pour les alliages irréversibles, elle n'est pas unique, mais dépend de l'état de l'alliage ; toutes les courbes sont comprises entre les deux limites AB, A'B' (fig. 10), tandis que, pour les réversibles, la courbe est unique à une même température.

A la température ordinaire, les dilatations vraies pour ces alliages sont représentées par EF, tandis qu'à une température plus élevée, le phénomène correspondra à une courbe E'F', située d'abord au-dessus, puis au-dessous, enfin au-dessus de la précédente. La région limitée dans laquelle les deux courbes se superposent dans l'ordre renversé correspond au segment BC du précédent diagramme[1].

Il est intéressant de noter que la droite AF, qui relie la dilatation du fer à celle du nickel, suit la courbe EF vers la fin de son parcours, montrant que, pour les alliages riches en nickel, l'anomalie est nulle, au moins aux températures ordinaires.

Les courbes limites AB, A'B' n'ont pas été déterminées avec certitude, et leur tracé, dans la figure 10, est en partie hypothétique ; lorsque, en effet, la transformation s'opère à température très basse, on n'est jamais sûr qu'elle soit accomplie, et que la courbe AB ait été réellement atteinte au voisinage de B ; le tracé conforme à la loi des mélanges me paraît le plus probable ; quant à la courbe A'B', elle ne peut être obtenue dans son entier qu'à température élevée.

La courbe-limite supérieure se raccorde à celle des alliages réversibles non magnétiques.

§ 3. — Déformations résiduelles.

Dans l'exposé qui précède, on a négligé une particularité très peu apparente des phénomènes, mais qui présente une certaine importance, tant au point de vue de l'emploi pratique des alliages réversibles dans les arts de précision, qu'à celui de leur théorie rationnelle. En réalité, la dilatation d'un alliage ne s'opère pas *rigoureusement* suivant une courbe unique[2] ; la longueur d'une barre amenée à une température déterminée dépend, au moins au début, des températures antérieures, et de la rapidité avec laquelle la température finale a été atteinte. Considérons un alliage, à l'état marqué par la région CD de la figure 9, et supposons qu'il soit maintenu à la température θ, à laquelle nous mesurons ses dimensions d'une façon continue. Si cette barre avait été exposée préalablement à une température θ_1 supérieure à θ, on voit la barre s'allonger légèrement dans le cours du temps. Si, au contraire, la barre revenait d'une température θ_2, inférieure à θ, elle se raccourcira.

Ces variations sont peu considérables ; ainsi, une

[1] Lorsque ce qui précède a été écrit, ces cinq phases successives n'avaient pas encore été caractérisées avec précision *sur un même alliage* ; le tracé de la courbe complète résultait alors de la combinaison des résultats trouvés sur divers alliages à température de transformation graduellement croissante, en admettant la correspondance approximative des états à une même distance du début de la transformation. Depuis cette époque, MM. Charpy et Grenet ont donné le tracé expérimental, conforme à celui de la courbe ci-dessus pour un alliage à 39 °/₀ de nickel.

[1] Je n'insisterai pas sur d'autres particularités intéressantes au point de vue pratique que nous révèle cette courbe, ayant surtout en vue les faits de nature à nous permettre d'établir une théorie ; je ferai seulement remarquer que, grâce à l'anomalie des aciers au nickel, nous possédons des corps métalliques formant une série continue de dilatations diverses, dont la plus élevée est égale à celle du laiton, et la plus basse au dixième de celle du platine. Cette particularité a conduit à d'importantes applications de ces alliages, sur lesquelles j'espère revenir prochainement.

[2] Ch.-Éd. Guillaume : Nouvelles recherches sur les aciers au nickel (*Procès-verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, session de 1899, p. 161).

barre de l'alliage le moins dilatable, qui a atteint son repos complet à 40°, et que l'on amène à 10°, emploiera cinq ou six ans pour varier d'un centième de millimètre par mètre; mais, pendant toute cette période, les variations resteront mesurables tout en devenant de plus en plus lentes. Passant de 10° à 100°, la barre atteindra au bout de moins d'une heure son état définitif, qui différera de $0^{mm},03$ par mètre de son état au premier instant de l'arrivée de la barre à cette dernière température.

De tels phénomènes sont l'indice certain d'une transformation graduelle, et leur sens nous montre que l'alliage, considéré à température descendante, et qui devrait normalement se contracter suivant la droite EG, ne suit un autre chemin que parce qu'au phénomène purement thermique s'en superpose un autre, dont l'amplitude est marquée en un point donné par *ab*, et qui produit la déviation de la droite EG indiquée par l'expérience. Ce dernier phénomène accompagne immédiatement la variation de la température pour la plus grande partie de sa valeur, tandis qu'une portion très petite, de l'ordre du centième, ne rejoint que lentement le gros de la transformation.

J'ai trouvé que, à température égale, l'instabilité des divers alliages est d'autant plus grande qu'ils se trouvent plus près du point de perte totale du magnétisme.

§ 4. — Phénomènes élastiques.

Ainsi que je l'ai montré en 1897, la transformation des alliages irréversibles, que fait apparaître le magnétisme, est accompagnée d'une diminution sensible du module d'élasticité; par exemple, l'alliage à 24 °/₀ de nickel possède, à l'état non magnétique, un module égal à 19,3 tonnes par millimètre carré, alors qu'à l'état fortement magnétique ce module est réduit à 17,4. Un réchauffement au rouge ramène, à la température ordinaire, le module à sa première valeur.

Aux deux états extrêmes, l'alliage se comporte d'une façon normale, en fonction de la température, c'est-à-dire que la variation réversible de son module à température ascendante est négative; l'inclinaison de la ligne, approximativement droite, représentative du phénomène est plus forte à l'état non magnétique qu'à l'état magnétique.

L'ensemble des changements du module avec la température sera donc représenté par le cycle de la figure 11, dont les deux portions AB, CD, correspondant sur l'échelle des températures à celles des précédents diagrammes, ne peuvent être parcourues chacune que dans un sens déterminé. La droite EF a la même signification que précédemment.

Des études faites en commun avec M. P. Perret, à la suite de la constatation, faite indépendamment et simultanément par ce très habile horloger et par M. le Professeur Thury, d'une augmentation du module à température ascendante dans l'alliage à dilatation minima[1], nous ont permis de tracer la courbe de variation dans un certain nombre d'alliages réversibles[2]. La méthode consistait à

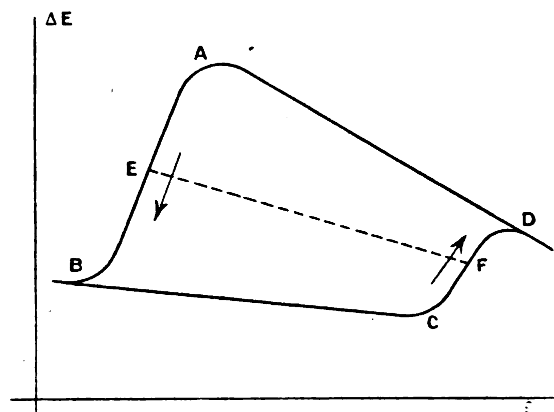


Fig. 11. — *Variations du module d'élasticité d'un acier-nickel irréversible.*

observer les marches d'un chronomètre muni d'un spiral de l'alliage à étudier; elle nous a fourni des résultats assez précis; mais chaque courbe, poussée jusqu'aux limites des bonnes marches d'un chronomètre, est encore de peu d'étendue.

Par un choix systématique des échantillons, il a

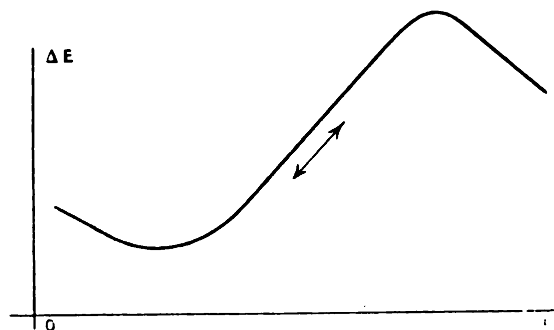


Fig. 12. — *Variations du module d'élasticité d'un acier-nickel réversible.*

été possible, cependant, de caractériser complètement les phénomènes, grâce au procédé déjà mis en œuvre pour les dilatations, et consistant à assimiler entre eux les alliages à la même distance de leur point initial de transformation. Ce procédé conduit au tracé d'une courbe du type indiqué dans la figure 12. Les deux sections extrêmes, correspondant à l'alliage non magnétique et à l'alliage

[1] M. Thury : *Journal suisse d'Horlogerie*, 1897.
[2] Variation du module d'élasticité des aciers au nickel (*C. R.*, t. CXXXVI, p. 498, 1903).

complètement transformé, sont inclinées dans le sens normal ; la partie moyenne possède une inclinaison anormale et qui, comme les très faibles dilatations, constitue un phénomène nouveau observé jusqu'ici uniquement dans les aciers au nickel.

Pour préciser, je dirai que le premier renversement du signe se produit, aux températures ordinaires, pour l'alliage à 28 °/₀ de nickel, qui se trouve alors très peu au-dessous de la première apparition du magnétisme. Le minimum du module en fonction de la température, moins accusé que le premier, s'observe, aux températures ordinaires, dans la région des alliages à 45 °/₀, c'est-à-dire là où j'ai trouvé, par des expériences de dilatation, les derniers restes de la transformation. On peut en conclure que l'anomalie occupe un espace de plus de 300 degrés.

Les plus grandes valeurs trouvées pour le coefficient de la variation positive du module sont de $\frac{1}{2.500}$ environ, alors que la variation, pour les alliages non magnétiques, est régie par un coefficient négatif du même ordre.

Ces indications permettraient de tracer immédiatement les courbes des coefficients de variation du module en fonction de la teneur, courbes dont l'allure est exactement symétrique, par rapport à un axe horizontal, à celles des coefficients de dilatations données dans la figure 10. La parenté entre les deux phénomènes est ainsi mise une fois de plus en évidence.

§ 5. — Phénomènes thermiques.

L'étude des phénomènes thermiques qui s'effectuent dans les aciers au nickel au moment de leur passage par une région de transformation a permis de définir complètement le caractère de quelques-unes de ces transformations. M. Osmond a montré[1] que l'agglomération des points Ar_3 et Ar_2, qui se produit même pour de faibles additions de nickel au fer, est accompagnée d'une exagération considérable du développement de chaleur marquant cette commune transformation au refroidissement. A la chauffe, les points sont aussi agglomérés, mais seulement pour des teneurs en nickel un peu plus fortes; à 4 °/₀, ils sont encore distincts.

Dans les alliages réversibles, la méthode des courbes de refroidissement n'a pas donné de résultats nets, probablement parce que la transformation s'étend sur un très large intervalle de température, fait auquel s'ajoute celui d'un moindre pourcentage en fer.

La méthode calorimétrique, appliquée par M. Bruce Hill[1], a donné aussi des résultats intéressants.

Un acier irréversible à 24 °/₀ de nickel, dont la transformation au refroidissement débutait au-dessous de 0°, a été étudié d'abord à l'état non magnétique, puis à l'état magnétique. A toute température (jusqu'à 270°), la chaleur spécifique s'est montrée plus forte au premier état qu'au second, la différence allant en s'atténuant à mesure de l'élévation de la température.

Pour cet échantillon comme pour d'autres, la différence aux températures peu élevées était de 0,007 environ en valeur absolue ou de 7 °/₀ en valeur relative[2].

Dans une autre série de déterminations, le même auteur s'est attaché à mesurer la chaleur de transformation, opération rendue facile grâce au changement d'état qui se produit au refroidissement dans une région immédiatement supérieure aux températures ordinaires. Un alliage contenant 14,6 °/₀ de nickel, et effectuant sa transformation entre 200° et la température du laboratoire, était d'abord étudié à l'état magnétique ; puis on le chauffait jusqu'à sa transformation supérieure, et, après l'avoir maintenu longtemps vers 200°, on déterminait de nouveau la chaleur rendue. La différence entre les chaleurs mesurées dans les deux expériences, corrigée de la chaleur spécifique, donnait la chaleur de transformation. Celle-ci a été trouvée, pour ledit alliage, égale à 13,45, c'est-à-dire que, la chaleur spécifique étant supposée pour simplifier égale à 0,1 exactement, la chaleur de transformation de l'alliage serait égale à la chaleur rendue pour un intervalle de température de 134,5 degrés.

Si nous supposons, à titre d'hypothèse provisoire, le développement de chaleur dû à la transformation du fer seul, on trouve, pour un gramme de fer dans l'alliage, 15,9 calories, valeur triple de celle que donne M. Pionchon pour l'intervalle de température compris entre 660° et 720°. Mais, d'après les indications données plus haut sur la position vraie de la région de transformation du fer correspondant à l'apparition du magnétisme, il paraît certain que cette transformation n'est pas entièrement comprise dans l'intervalle délimité par M. Pionchon pour les phénomènes thermiques; de plus, la coagulation en un seul des deux points distincts de transformation du fer, dans les aciers-

[1] F. Osmond : *On alloys of iron and nickel.*

[1] B. Hill : Ueber die calorimetrischen Eigenschaften der ferromagnetischen Körpern (*Verh. der Deutsch. Phys. Ges.*, t. III, p. 113, 1901).

[2] Cette loi semble générale, au moins dans ses grandes lignes ; ainsi, M. Bruce Hill trouve que la chaleur spécifique du fer est d'autant plus basse que sa perméabilité magnétique est plus grande ; mais les différences s'atténuent rapidement lorsque la température s'élève ; il se peut même que leur signe se renverse.

nickels, démontrée par M. Osmond, fait rentrer dans le phénomène mesuré par M. Bruce Hill le dégagement de chaleur dû à la transformation du fer γ en fer β; or, cette transformation fait intervenir un dégagement de chaleur sensiblement supérieur à celui qu'a constaté M. Pionchon au moment de la transformation magnétique.

Loin, par conséquent, d'être en contradiction avec les résultats de M. Pionchon, ceux de M. Bruce Hill, expliqués par les expériences de M. Osmond, sont plutôt de nature à les confirmer, dans le sens d'un dégagement de chaleur dû en plus grande partie aux deux transformations réunies du fer.

Le diagramme des phénomènes thermiques dans un acier-nickel irréversible sera donc, au moins qualitativement, celui que représente la figure 13.

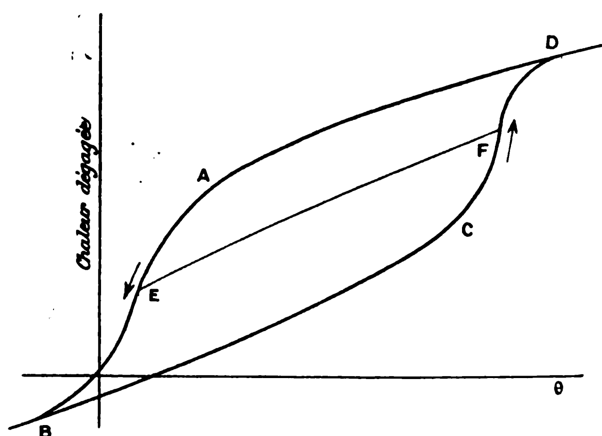


Fig. 13. — *Dégagement de chaleur dans les aciers-nickels irréversibles.*

Les courbes AB, CD, correspondant à la transformation, ne sont parcourues que dans un sens, et déterminent respectivement un dégagement et une absorption de chaleur; les courbes AD et BC, dont les inclinaisons en chaque point représentent les chaleurs spécifiques à l'état non magnétique et à l'état magnétique, peuvent être parcourues dans les deux sens. Bien que le fait n'ait pas été constaté, il est certain que, comme dans les précédents diagrammes, on pourra tracer une infinité de courbes expérimentales telles que EF.

Il est intéressant de noter que, tandis que la dilatabilité trouvée pour le fer à une température élevée se conserve à température basse dans les alliages non magnétiques, il n'en est pas de même des chaleurs spécifiques; bien qu'un peu plus fortes à cet état aux températures ordinaires, celles-ci sont loin encore de la valeur trouvée aux hautes températures par M. Pionchon. La grande augmentation de la chaleur spécifique du fer qui se produit par l'élévation de la température n'est donc due que pour une faible part à son changement d'état.

§ 6. — **Synthèse des résultats expérimentaux.**

Les propriétés des alliages de fer et de nickel qui viennent d'être étudiées révèlent à l'observateur le moins attentif une évidente parenté : pour le magnétisme, les variations de volume, les changements élastiques, les développements de chaleur, l'irréversibilité est commune, et se manifeste dans les mêmes régions de l'échelle des températures. Pour les trois premiers ordres de phénomènes, une connexion intime est tout aussi évidente dans les changements réversibles; pour les développements de chaleur, une même affirmation serait encore sans base expérimentale suffisante; mais c'est précisément en raison de l'absence de transformations irréversibles que, dans les alliages de la deuxième catégorie, on n'a observé aucun point singulier dans les courbes de refroidissement.

Un examen plus minutieux met en évidence des relations d'un caractère intime, que le parallèle établi ci-après fait bien nettement ressortir :

L'abaissement graduel de la température produit dans les

Alliages irréversibles :	*Alliages réversibles* :
L'apparition irréversible du magnétisme;	L'apparition réversible du magnétisme;
Une augmentation réelle et irréversible du volume, phénomène inverse du phénomène normal.	Une diminution réversible de la contraction normale, c'est-à-dire une augmentation virtuelle du volume, contraire au phénomène normal.
Une diminution irréversible du module d'élasticité, contrairement au phénomène normal.	Une diminution réversible du module d'élasticité, contrairement au phénomène normal.
Un dégagement irréversible de chaleur.	Le dégagement de chaleur n'a pas été mesuré, mais on sait qu'aucun phénomène thermique irréversible n'existe.

On établirait un semblable tableau pour les phénomènes observés au réchauffement, en renversant simplement les termes du parallèle ci-dessus. Je reviendrai plus loin sur les conséquences qui découlent de ce parallèle; pour le moment, il nous suffira de retenir que la réversibilité ou l'irréversibilité se manifeste simultanément pour toutes les propriétés des aciers au nickel; on en conclura que les phénomènes observés sont dus à une transformation déterminée, affectant à la fois toutes les manifestations extérieures de cette transformation. Cette remarque est d'importance capitale pour l'édification de la théorie des aciers au nickel, comme j'essaierai de le montrer dans la seconde partie de ce travail.

Ch.-Éd. Guillaume,
Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

LE LAC TCHAD

DEUXIÈME PARTIE : LES HABITANTS, LA FAUNE, LA FLORE

Dans un premier article[1], nous avons tracé les grands traits de la géographie physique du Tchad; nous allons maintenant passer en revue les habitants, puis la faune et la flore du grand lac africain.

I. — Les habitants du Tchad.

Les îles des archipels de la côte orientale sont occupées par deux nations distinctes : au sud-est, les Kouris, qui appartiennent à la race kanembou; au nord-est, les Boudoumas, d'origine foulbé ou fellatah.

A ces deux nations il convient d'ajouter divers éléments des populations riveraines, mais en nombre restreint, tels que les Arabes ou Choas, Kottokos, les Ouadaïens, les Boulala du Fittri, Toundjers, Bornouans (Kanouris), Kanembou, Tebbou, Daza, réfugiés dans les îles, qui s'y sont fixés et y vivent temporairement.

§ 1. — Kouris.

« Le nom que se donnent les Kouris est « oroi », qui veut dire noir; en effet, ces peuplades se différencient nettement, par leur teint, des peuplades arabes qui entourent le Tchad et dont le teint est plus clair[2] ».

L'archipel Kouri comprend trois groupes :

1° Le groupe Kalis : 7 îles, et 8 à 9.000 habitants;

2° Le groupe Kélouas : 5 îles, 4 à 5.000 habitants;

3° Le groupe Kraouas : 35 îles, 16 à 18.000 habitants; soit, pour l'ensemble des îles de l'archipel, 47 îles et une population de 26.000 habitants environ[3].

Cet archipel est peuplé d'indigènes d'origine kanembou, qui ont abandonné le Kanem par suite du desséchement du pays et de la natronisation des eaux, et aussi pour se mettre à l'abri des incursions trop fréquentes des nomades, Touareg, Toubous, Oulad Sliman, et des razzias exécutées par les partis ouadaïens.

Les Kouris ont trouvé dans les îles du Tchad une retraite d'autant plus inexpugnable que les immenses baies et canaux qui séparent les îles constituent un obstacle infranchissable pour des pillards habitués à la seule vie du désert et auxquels manque la pratique des régions lacustres.

Les Kouris sont venus de l'Est et conservent d'étroites relations avec les villages du Kanem; ceux de la partie sud émigrent peu à peu dans les îles. C'est ainsi que nous avons assisté en 1901 à l'évacuation des villages de la terre ferme Rikrom, Matarem, Birara, Birarem.

« Les Kouris (fig. 1) sont sédentaires et habitent des villages construits en roseaux. Cependant, les pasteurs suivent leurs troupeaux, qui sont obligés d'aller d'île en île quand l'herbe d'une île est tondue : mais ces petites migrations ne s'étendent pas à plus d'une journée ou deux de marche du village.

« Ils sont guerriers, braves et aiment assez à razzier leurs voisins pour capturer des troupeaux, des chevaux et des femmes.

« Ils sont chasseurs à l'occasion.

« Les Kouris ne voyagent guère en dehors de leurs îles; cependant, quelques aventuriers vont d'île en île et sont ordinairement admis par les chefs comme messagers, guides, espions au besoin.

« Ils sont adroits conducteurs de pirogues, mais ne s'écartent jamais des rives. Leurs pirogues, insubmersibles il est vrai, ne peuvent affronter les gros temps. Elles peuvent porter de deux à douze hommes suivant leur taille[1] ».

§ 2. — Boudoumas.

Les Boudoumas occupent les archipels nord et nord-est du Tchad. Leur nom leur vient de la désignation qui leur était donnée en langue kanouri. « Bouddou » signifie herbe sèche, roseaux, et le suffixe « ma » veut dire homme, gens, individu. D'où le nom que leur donnaient les Bornouans chez lesquels ils venaient piller : gens des roseaux ou des hautes herbes[2].

Ils se donnent à eux-mêmes le nom de Yédina.

Les Boudoumas se partagent en onze groupes principaux qui sont, en partant du Sud : les Merganna, Kadikoas, Orsaouganas, Gourias, Boudjias, Médias, Kotoas, Alias et Bourias, et, près du pays de Kologo, les Bredjias et les Boudjias du Nord.

Ces divers groupes se subdivisent encore en plusieurs fractions.

Il est bon de noter que les îles portent presque toutes des noms bornouans, qui semblent marquer la marche de leurs migrations.

Les Boudoumas disent, en effet, être venus du

---

[1] Voyez la *Revue* du 30 juin 1903, t. XIV, p. 649.

[2] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

[3] Ces chiffres ne représentent que le nombre des îles hautes et moyennes habitées ou exploitées, sans tenir compte des îlots bas.

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

[2] Nachtigal raconte au sujet du nom de Boudouma une légende qui n'a pas été confirmée.

Sokoto il y a trois siècles environ; ils prétendent qu'ils ont dû quitter les pays Haoussa du Nord à la suite des luttes qui suivirent l'invasion fellatah.

Il semble cependant qu'avant de céder à la poussée des Fellatah, ils se soient mélangés profondément à eux : ils ont contracté beaucoup de leurs habitudes et de leurs mœurs. Ils se déplacent avec une extrême facilité et disent eux-mêmes, pour se différencier de leurs voisins du Sud : « Les Kouris vivent où sont leurs cases; nous vivons où sont nos bœufs ».

C'est bien là, en effet, la différence qui caractérise les deux races : les Kouris sont des agriculteurs; les Boudoumas, comme leurs ancêtres, les Fellatah, sont des pasteurs.

Le nombre des îles habitées par l'ensemble des Boudoumas est d'environ 36, avec une population de 22 à 24.000 habitants environ.

Entre la presqu'île de Kindill et le Dar Bredjia au Nord, il existe un grand nombre d'îles inhabitées.

L'ensemble des îles actuellement habitées par les Kouris et les Boudoumas peut être évalué à 80; la population, qui augmente sans cesse, atteint aujourd'hui environ 50.000 habitants.

Il y a environ 300 îlots inhabités.

Les îles de la côte orientale, ou côte bornouane, ne sont pas actuellement occupées.

Les rives du lac sont habitées : au nord, par les Ouandala, et parcourues par les Tedas ou Daza (qui ne sont autres que les Toubbous originaires du Tibesti), et les Touareg, ainsi que les Oulad Sliman; à l'est, par les Haddad; au sud-est, par les Hamedj; au sud, par les Arabes, les Kotokos, les Bornouans; à l'ouest, par les Kanouris[1], les Tedas du district de Kazel et par les Touareg.



Fig. 1. — *Groupe de Kouris ayant tué un hippopotame.*

Entre les indigènes Kouris et Boudoumas, il existe des différences notables qu'expliquent leurs différences d'origines, de caractères, de mœurs, et le degré d'insuffisance islamique auxquel ils sont soumis.

Les Kouris constituent un fort groupement s'accroissant tous les jours, débordant et envahissant les Boudoumas, qu'ils repoussent toujours plus à l'ouest.

[1] On désigne sous le nom de Kanouris les habitants du Bornou venus du Kanem, d'origine Toubbou, et qui ont conquis le Bornou; et sous le nom de Kanembous les habitants du Kanem qui ont, d'ailleurs, la même origine.

Au mil et au laitage qui constituent la base de leur alimentation, les insulaires Kouris ajoutent par la pêche un aliment particulièrement réconfortant : aussi la race est-elle belle, forte et spécialement prolifique. Il faut ajouter que l'arrivée de réfugiés de famille étrangère, et particulièrement des Kotokos[1], a exercé une heureuse influence sur les qualités de la race Kouri.

Plutôt apathique, le Boudouma vit dans son île avec son troupeau ; il n'en sort que rarement pour aller piller sur la côte occidentale du lac.

Il est à remarquer que leurs dernières îles sont à deux jours de pirogue de la rive bornouane, qu'ils ont la partie du lac dite des grands fonds à traverser, et que, quelle que soit leur audace comme navigateurs, ils doivent être forcément assez réservés dans ce genre d'opérations auxquelles cependant ils se livrent de temps en temps. Moins belliqueux qu'on était porté à le croire, les Boudoumas auraient pu nous offrir une résistance particulièrement difficile à vaincre, en raison de leur naturel défiant, de leur mobilité, et de la facilité avec laquelle ils pouvaient nous échapper à travers un dédale d'îles sur la topographie desquelles nous ne possédions que des notions très sommaires; ils nous ont exactement guidés et renseignés.

Depuis leur établissement dans les îles, les Boudoumas vivent entre eux, ne se mélangeant ni aux Kouris, ni aux Kanouris, ni aux Kanembous.

A chaque île semble correspondre une seule famille où, depuis plusieurs siècles, les unions consanguines seraient la règle.

Les Boudoumas se nourrissent exclusivement de mil et de lait.

Les unions consanguines et l'absence presque totale d'alimentation animale semblent être les causes principales de l'affaiblissement d'une race qui tend à disparaître par suite de la diminution des naissances et de l'augmentation de la mortalité infantile.

De leur aveu même, il résulte qu'ils étaient beaucoup plus nombreux il y a à peine cinquante ans, mais ils diminuent dans de notables proportions, d'année en année, et ils abandonnent aux Kouris les îles qu'ils occupaient autrefois.

§ 3. — Organisation politique.

L'organisation politique était encore assez rudimentaire dans les îles avant notre arrivée.

« Le chef ou kachella était le représentant de la famille la plus ancienne ou la plus riche ; il possédait un tam-tam et convoquait les notables. La décision de ces derniers pesait beaucoup plus sur le chef que sur l'ensemble de leurs concitoyens, qui conservaient la plus grande influence. Il n'était pas rare de trouver des villages où il n'y avait pas de chef local en dehors du kachella dont personne ne se souciait.

« Un meskin (homme du commun), pirate heureux, voyait se grouper autour de lui tous les gens sans aveu et les pillards, et devenait un chef puissant[2] ».

Actuellement les Kouris obéissent à un chef suprême, qui est le cheikh Daouda; les Boudoumas sont placés sous l'autorité supérieure du kachella Korémi: tous les groupes et les fractions particulières ont des chefs qui ont été désignés et investis.

§ 4. — Cultures.

« Les Kouris cultivent le petit mil (*Penicillaria cylindrica*) et, en plus petite quantité, le gros mil ou sorgho, le maïs, les pastèques.

« Le défrichement des terres se fait en avril et mai, et le petit mil se sème en juin, un peu avant les premières pluies. La moisson se fait deux mois et dix jours après et il n'y a qu'une récolte par an.

« Les Kouris ensemencent de la façon suivante :

« L'homme, armé d'une houe emmanchée au bout d'une perche de 2 mètres, marche au pas ordinaire sur le terrain préalablement défriché, en creusant à chaque pas un petit trou avec sa houe, sans ralentir son allure. Derrière lui, la femme met quelques grains dans chaque trou.

« Arrivé au bout du champ, l'homme revient sur ses pas en continuant le même manège; mais, en même temps qu'il creuse de nouveaux trous avec sa houe, il rebouche avec le pied ceux déjà ensemencés en repoussant la terre à l'intérieur du trou et toujours en conservant l'allure du pas ordinaire. Par suite, la rapidité du travail étant aussi grande et le sol sablonneux peu dur à creuser, les Kouris ensemencent de grands espaces de terrain et sont très riches en grains.

« Après la moisson, on bat le tam-tam de réjouissance dans les villages, les femmes dansent et poussent leurs youyous ou cris d'allégresse.

« On répand du petit mil autour des cases, en offrande à Allah, et les riches en distribuent aux pauvres.

« Les hommes, libres et captifs, les femmes, les enfants des deux sexes, prennent tous part au travail de la moisson.

« Les Kouris possèdent quelques plantations de coton : la cueillette se fait au mois d'août et est faite exclusivement par les femmes.

« Les Kraouas ont quelques pieds d'indigo[3] ».

[1] Les Kotokos du Bas-Chari, proches parents des Saras du Bahr Sara, affluent de gauche du Chari, se distinguent par leur force et leur haute stature.

[2] Ens. de vaisseau d'HUART : Relation inédite.

[3] Cap. TRUFFERT : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

« Le maïs et le blé sont très peu cultivés chez les Boudoumas.

« Le coton est cultivé dans les baies vaseuses des îles où la pente du terrain est très faible. Les Boudoumas filent et savent tisser le coton, mais ils préfèrent acheter les bandes de toile teintes ou le vêtement ou tobe, fabriqués au Bornou.

« Le chef d'une île est le principal possesseur des terrains cultivés de cette île; les autres hommes libres de l'île lui paient le plus souvent une redevance. La principale culture est le mil, qui nourrit la population et lui procure, par voie d'échange, la plupart des objets fabriqués d'usage courant. Le terrain est préparé sur les hautes terres à la fin de la saison sèche; aux premières pluies, le grain est semé; à la fin des pluies, trois ou quatre mois plus tard, se fait la récolte[1] ».

Les Boudoumas ne font pas la culture du mil en saison sèche, ainsi que cela se pratique au Kanem, cette culture, basée sur l'arrosage, exigeant un trop grand effort personnel.

Les récoltes sont placées dans des silos creusés dans le sable. Les silos sont les uns dans les environs immédiats des cases, les autres soigneusement dissimulés à une certaine distance. Nos tirailleurs et nos spahis, éduqués par les anciens soldats de Rabah, découvraient très rapidement les cachettes au son, en frappant le sol, et en explorant les points sonores avec une baguette de fusil.

§ 5. — Commerce.

« Les Kraouas font avec le Kanem un commerce actif; les Medias (Kraouas) et les Areggas (Kadikoas) se rendent directement à Dibinondji, grand marché : ils vont acheter des boubous, du sel, des fers de lance; ils apportent en échange du mil, du coton non tissé en grande quantité, soit en vrac, soit déjà filé. Ce sont avant tout de gros fournisseurs de mil. Avant notre arrivée, ils ravitaillaient en mil les caravanes des Toubbous et des Touareg, principalement à Kanassarom.

« Les Kelouas vont faire leurs échanges dans le Chari, à Hadjer el Hamis et à Chaoui, la route de Dibinondji leur étant coupée par les Kraouas.

« Les Boudoumas ne font plus d'échanges avec le Kanem; c'est avec le Dar Begli, avec Chaoui, que les Gourias entretiennent des relations; c'est avec Kaoua que les Madogodjias de Bellarikeu et les Boudjias de Kindill vont commercer.

« A Forom, à Kindill, des groupements de 500 à 600 cases vivent exclusivement de la récolte du natron qu'ils vont vendre à Kaoua, au Bornou, contre du mil.

« L'importance de Kologo et de N'Guigmi semble être nulle, les marchés à mil étant plus près du lac.

« Ce sont : Dioleah (Boudjia), Kéléléa (Maïbolloa), N'Guillimi (Maïbolloa), Djabo (Gouria-Madogodjia), Bol (Gouria), Kanassarom (Kraoua)[1] ».

Tous les Boudoumas fréquentent les marchés de la côte occidentale ou du Bornou : Kaoua pour le natron, Arégué pour les étoffes, Bosso pour les étoffes, le mil et le poisson.

Ils font usage du thaler.

§ 6. — Communications et relations.

Les relations entre les insulaires et avec les habitants des rives du lac sont singulièrement facilitées par un flotteur fait d'un bois spécial et par une embarcation construite avec des roseaux de taille moyenne qui poussent en grande abondance dans toute la région lacustre et dans les enneris du Kanem.

Le flotteur est appelé maréa dans les îles, fogou au Bornou, et ambatch par les Arabes.

« Le maréa est un arbrisseau de 4 à 5 mètres de hauteur, poussant sur les rivages inondés aux hautes eaux. Son bois, d'une légèreté extrême, possède une densité inférieure à celle du liège. Son tronc présente quelques épines et ses feuilles sont composées comme celles des mimosas. Sa fleur est papilionacée et d'une couleur jaune[2] ».

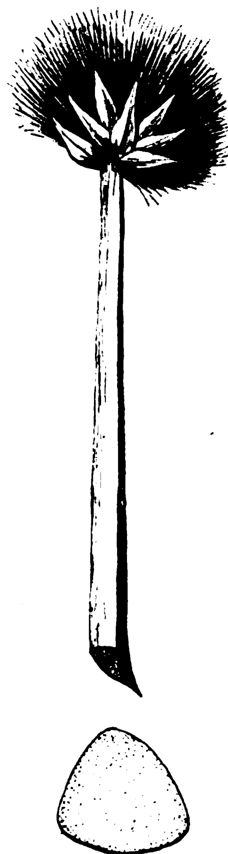


Fig. 2. — *Aspect et section d'une tige de fôlé.*

Le fogou ou ambatch (fig. 3) est une pièce de maréa équarrie, de 2^{m},20 de hauteur, et d'un diamètre de 12 à 15 centimètres, légèrement incurvée et amincie à sa partie antérieure. Dans l'eau, l'insulaire se met à cheval sur le flotteur en nageant avec les pieds ou les mains; la pointe émerge de 30 à 40 centimètres en dehors de l'eau et supporte souvent le poids d'un enfant.



Fig. 3. — *Flotteur kouri en bois de maréa.*

[1] Lieut. Lacoin : Relation inédite.

[1] Ens. de vaisseau d'Huart : Relation inédite.
[2] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

A terre, l'insulaire le porte sur l'épaule; à cheval, il l'attache au pommeau de la selle; sa légèreté ne gêne nullement les allures du cheval. Dans la traversée des canaux, les cavaliers portent, sur leur tête, selle, armes et effets, et nagent à côté de leur monture, qu'ils tiennent par la crinière ou par la queue.

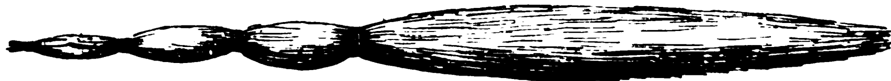


Fig. 4. — *Fuseau en tiges de fôlé pour servir à la construction d'une pirogue.*

Les pirogues sont faites avec une sorte de jonc à section triangulaire arrondie (fig. 2), qui pousse sur les rives mélangées de vase et de sable, et qui porte à son extrémité supérieure une touffe fleurie analogue à une grande fleur de fenouil. Ce jonc rappelle beaucoup le papyrus du Nil.

Le lieutenant Lacoin décrit ainsi la construction d'une pirogue :

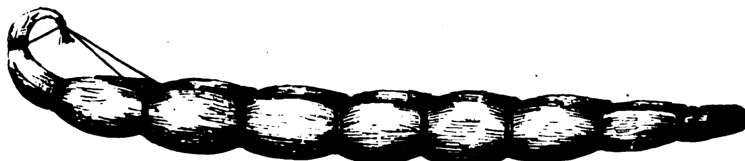


Fig. 5. — *Pirogue kouri.*

« Les indigènes, liant des joncs en faisceaux, en forment une sorte de cigare (fig. 4), long de 6 à 10 mètres et large de $0^m,50$ à 1 mètre, dont ils tiennent la pointe relevée à l'aide d'un piquet. Par l'adjonction de nouveaux faisceaux plus petits, ils donnent à ce cigare, à la pointe recourbée, une section demi-circulaire : c'est là le corps de la pirogue, avec sa quille.

« Enfin, s'appliquant sur tout le bord de la face plane du demi-cylindre pour en faire le tour, un mince faisceau est ficelé au corps : c'est lui qui va former les bords de la pirogue, en même temps que maintenir relevée la proue de la pirogue quand celle-ci sera sortie de son rustique chantier.

« La pirogue (fig. 5) sortant ainsi du chantier est verte comme le jonc fraîchement coupé dont elle est faite. Ce n'est qu'après deux ou trois semaines d'exposition à l'air qu'elle prend sa teinte jaune-bistre définitive.

« Deux hommes, aidés par quelques gamins qui leur coupent et apportent les joncs, peuvent faire en 48 heures deux ou trois de ces pirogues. Jamais ils n'en font une complètement en un jour, parce que la courbure de la pointe ne serait pas convenablement assurée. Une pirogue terminée reste même ordinairement plusieurs jours sur l'emplacement même où on l'a construite, sa pointe fixée au piquet qui en a déterminé la courbure.

« Quand une pirogue a six mois de séjour dans l'eau (trois ou deux mois seulement dans la mauvaise saison), elle n'est plus bonne. Elle peut, tout au plus, servir encore aux pêcheurs pour tendre leurs lignes de fond ou jeter leurs filets. C'est pour cet usage exclusivement (ce me semble), qu'ils renforcent les deux côtés de la trop vieille pirogue avec des faisceaux d'ambatch : une telle pirogue ne peut plus, en effet, progresser que très lentement[1] ».

§ 7. — Villages. Cases.

« Les villages kouris, dit le Capitaine Bézu, sont très nombreux et très étendus, et formés de petits groupes de trois ou quatre cases, quelquefois assez éloignés les uns des autres.

« Les cases (fig. 6 et 7) sont en paille ou en joncs, rondes, peu confortables, de 4 à 5 mètres de diamètre; elles renferment quelquefois un lit de bois léger ou bois d'ambatch; celles des chefs ne se distinguent par aucun caractère très particulier : elles sont quelquefois un peu plus grandes et agrémentées d'une cour entourée d'une natte de paille, le tout surmonté d'un œuf d'autruche.



Fig. 6. — *Case kouri.*

« Toutes les ouvertures des cases sont pratiquées du côté de l'ouest à cause des vents d'est et des trombes de sable[2] ».

Chez les Boudoumas, les villages et les cases sont

[1] Lieut. Lacoin : Relation inédite.
[2] Cap. Bézu : Relation inédite.

installés à peu près comme chez les Kouris, mais les cases semblent présenter moins de confortable t un caractère plus provisoire.

§ 8. — **Religion.**

D'une façon générale, les Kouris sont musulmans et fanatiques. Le passage des fakis senoussistes

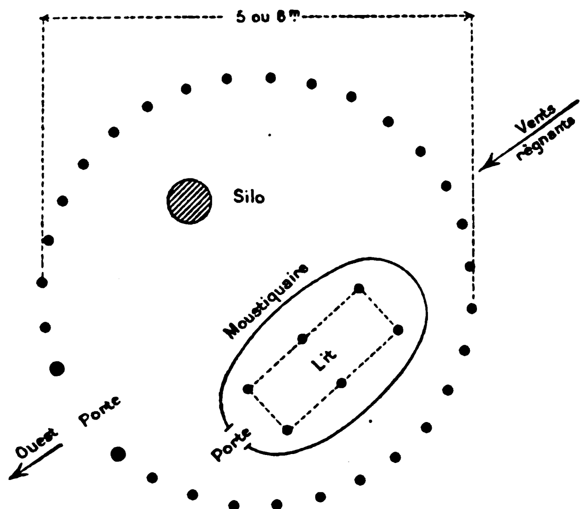


Fig. 7. — *Plan d'une case kouri.*

(marabouts fauteurs de troubles et prêcheurs de guerre sainte), venus du Kanem ou du Borkou, où réside le Mahdi, a toujours été suivi de désordres et de tentatives de guet-apens.

Les Boudoumas sont à peine islamisés et ne se livrent que depuis peu de temps aux pratiques de la religion musulmane.

Leurs chefs seuls, qui sont plus ou moins arabisés, savent lire et écrire l'arabe, font assez régulièrement la prière et pratiquent le jeûne.

La généralité des Boudoumas est fétichiste et adore le Soleil, tout en ayant une grande vénération pour la Lune, comme toutes les populations d'origine fellata.

§ 9. — **Langue.**

La langue généralement parlée dans les archipels, et comprise de tous les insulaires, est la langue kouri, dont le dialecte boudouma ne se différencie que très peu. Cette langue kouri se rapproche sensiblement de la langue kotoko, qui elle-même est un dérivé de langue parlée dans le Logone.

§ 10. — **Vêtement.**

Le vêtement usité au Tchad est la grande chemise large, de couleur foncée, aux grandes manches, nommée « boubou » au Soudan, « tobe » au Bornou, et appelée par les insulaires « khaleg m'bougoudi » (capitaine Truffert).

Elle est composée de bandes de cotonnade tissées, de 5 à 6 centimètres de largeur, et teintes en indigo foncé.

Les meilleures sont fabriquées au Bornou et apportées dans les îles par les Bornouans, les Arabes ou les Kotokos. Les plus estimées sont brodées et de couleur bleue très foncée.

Au-dessus du khaleg, se porte habituellement un pantalon large et court, de forme arabe, nommé « lahir ».

Les insulaires vont généralement la tête nue et rasée; quelques-uns ont des chéchias rouges ou des petits bonnets en coton. Ils fabriquent également un chapeau en feuilles de palmier à bords plats.

Les femmes Kouris portent comme les hommes le khaleg au-dessus du pagne soudanais; leur coiffure est la coiffure bornouane (petites tresses autour de la tête). Les femmes Boudoumas remplacent souvent le khaleg par une pièce d'étoffe qui passe en travers de la poitrine, de la taille à l'épaule droite, et avec laquelle elles se couvrent souvent la tête. Elles forment avec leurs cheveux deux longues tresses, prolongées jusqu'à la taille par de longs fils de coton ou de cuir au bout desquels pendent des coquillages ou des perles.

Les Boudoumas portent au cou une perle grisâtre de fabrication européenne, assez grosse, traversée par une sorte de cordonnet en cuir.

§ 11. — **Armes.**

Les armes des insulaires se composent : de la lance, ou « laï beul », du javelot, ou « laï », du poignard, ou « diana »[1].

Il n'y a que très peu de fusils dans les îles.

La lance (fig. 8) a un fer en forme de losange ou

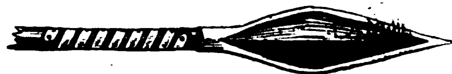


Fig. 8. — *Lance kouri.*

de flamme assez allongée; sa hampe en bois dur a, en général, 2 mètres de longueur. Chaque indigène en possède une seule.

Le javelot (fig. 9) a un fer barbelé de 10 centimètres de longueur; les barbelures présentent des



Fig. 9. — *Sagaie kouri.*

dispositions très variées, mais toutes occasionnent des blessures très graves. Le plus souvent, pour retirer le fer, il faut lui faire traverser de part en part le membre blessé. Les insulaires en possèdent trois ou quatre en moyenne.

[1] Nous empruntons toutes les indications relatives aux armes au Cap. Truffert.

Le poignard, à bracelet, est du modèle de celui des Touareg; il est porté nuit et jour au bras gauche et sert à tous les usages.

« Ces armes ne sont pas en général fabriquées dans les îles »[1]. Elles viennent du Bornou et du Kanem. Les Touareg en apportent fréquemment en venant acheter du mil. Leurs « haddad » (forgerons), établis à Monou, dans le Manga, sur la route de Bir Alali au Borkou, y ont trouvé un minerai de fer assez pur, qui donne du fer d'excellente qualité et des armes assez recherchées.

Le harpon pour l'hippopotame, nommé « sagal », ne présente que deux barbelures (fig. 10); le fer a 15 centimètres de longueur, et la hampe a 1m,50 environ. Il est muni d'un flotteur en ambatch et d'une corde qui s'attache à la pirogue.



Fig. 10. — *Harpon kouri.*

Le harpon à poisson, « fellat », est de dimensions plus petites.

L'arme défensive est le bouclier, « galaké », en bois d'ambatch ou maréa (fig. 11); il est formé de planchettes légèrement incurvées, de 3 centimètres d'épaisseur; sa hauteur est de 1m,75, sa largeur maxima est de 55 centimètres environ; il présente en général une forme légèrement arrondie à sa partie supérieure et légèrement creusée sur les côtés. L'assemblage est fait à l'aide de chevilles prenant deux planches voisines, cousues avec de minces lanières de cuir. La bordure est en cuir. A la partie centrale, le bouclier porte souvent des dessins en forme de damiers ou de losanges. Les dessins faits avec la peau d'un bœuf de couleur noire sont les plus recherchés. Les boucliers sont fabriqués dans les îles par les Haddad venus du Kanem.

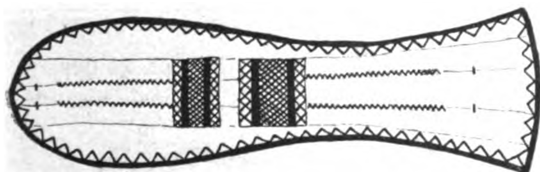


Fig. 11. — *Bouclier kouri en bois de maréa.*

II. — Animaux.

§ 1. — Animaux domestiques.

Dans les archipels kouris, les animaux domestiques sont : le cheval, le bœuf, la chèvre, le mouton, le poulet.

[1] Cap. Truffert.

Les Kouris, venus de l'est, ont amené avec eux le cheval de la race du Ouadaï, dont les lignes se sont cependant modifiées dans la région lacustre. On y trouve rarement de beaux types[1]. Mais ces chevaux sont sobres, énergiques, et sont habitués à traverser à la nage des bras d'eau d'une étendue considérable. Le nombre de ces animaux est peu important.

Les Boudoumas ont amené avec eux le cheval des pays haoussas. Mais, dans les îles, le type a fortement dégénéré. Le cheval Boudouma est petit, commun, couvert de poils assez longs, mal soigné; toutefois, il a conservé les qualités d'endurance et de sobriété, et nage avec facilité; on trouve des chevaux en assez grand nombre, principalement chez les Boudoumas du nord.

Il y a dans les îles une race spéciale de bœufs, dite race kouri, de couleur claire, haute sur jambes, ayant la tête du bœuf arabe, mais avec des cornes longues, creuses, de dimensions énormes à la base. Les vaches ont du lait de très bonne qualité et très abondant. Ces animaux sont excellents nageurs; ils vivent mal sur la terre ferme.

Kouris et Boudoumas tiennent beaucoup à leurs bœufs. Mais, si les Kouris les mangent, les Boudoumas, qui en possèdent en plus grand nombre, n'en tuent qu'à la suite des razzias. Dans les îles, la fortune d'un indigène se mesure d'après le nombre de bœufs qu'il possède.

Les Boudoumas du nord, qui ont peu de mil, se livrent exclusivement à l'élevage du bœuf et au commerce du natron.

On peut estimer la richesse bovine des archipels à soixante mille têtes environ[2].

Les ânes se trouvent en petit nombre chez les Kouris, un peu plus nombreux chez les Boudoumas.

Le mouton est très rare.

La chèvre est très répandue.

Les poulets abondent chez les Kouris, mais deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on remonte vers le nord.

En 1902, les Bredjias, qui viennent d'émigrer dans le Tchad, n'avaient pas de poulets.

[1] Le cheikh Daouda seul possède un cheval de race pure; cet animal provient de la prise faite sur le parti ouadaïen massacré dans des îles il y a dix ans.

[2] La mouche tsé-tsé existe dans les îles. Pour soustraire les troupeaux à sa mortelle piqûre, les insulaires réunissent, à la saison des pluies, leurs bœufs en grand nombre et allument, tout alentour, des feux recouverts d'herbes vertes, dont l'intense fumée a pour effet d'écarter la mouche.

Les Kouris possèdent des chats, de couleur grise, très beaux et très sauvages.

§ 2. — **Mammifères sauvages. Gibier.**

Les troupeaux d'éléphants se rencontrent assez nombreux sur la côte nord et ouest, ainsi que sur la côte sud, au Bornou. Ils sont déjà plus rares sur la rive du Bahr el Ghazal, où ils ont été très vivement chassés. On en trouve très peu sur la côte du Kanem.

L'hippopotame (fig. 13) pullule sur les rives du Tchad. Assez rare dans les îles, il affectionne les baies vaseuses, les longs bras s'avançant dans la terre ferme. Très chassé sur la côte orientale, il est devenu dangereux et il attaque l'homme.

Le capitaine Truffert décrit ainsi la chasse à l'hippopotame, telle qu'elle se pratique chez les Kouris (fig. 14) :

« Pour la chasse dans l'eau, les Kouris attachent côte à côte quatre pirogues, de manière à former une espèce de radeau. Deux hommes prennent place dans chaque pirogue. A l'avant se trouve le chasseur, armé d'une lance et d'un harpon appelé « sagal » ; à l'arrière, le pagayeur, qui dirige l'esquif.

« Le radeau ainsi formé se dirige sur l'hippopotame, qui commence toujours par fuir. La poursuite continue jusqu'à ce que l'animal, irrité, accepte le combat. Il s'élance alors sur une pirogue et la broie entre ses dents. Les chasseurs lancent leur harpon et donnent des coups de lance dans la gorge de l'animal. Ils se réfugient sur les pirogues intactes et coupent les liens qui retiennent la pirogue hors de service. La chasse continue de cette façon jusqu'à ce que toutes les pirogues aient été mises hors de service ou que l'animal ait été blessé à mort.

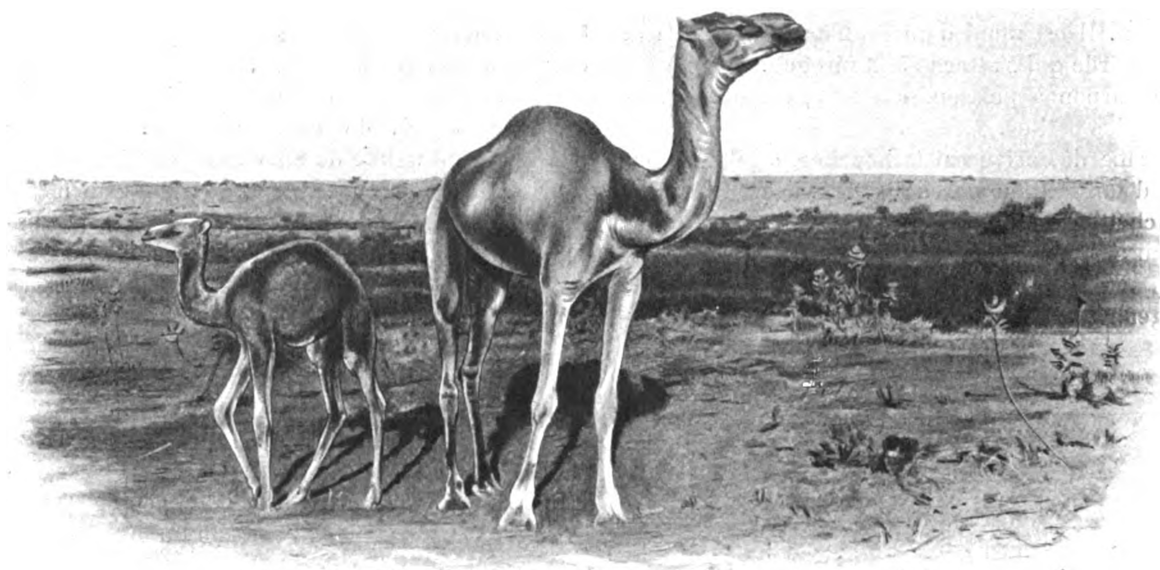


Fig. 12. — *Chameaux pour le transport dans la région du Tchad.*

« Cette chasse dangereuse est faite si adroitement qu'elle n'entraîne presque jamais mort d'homme.

« Dans la chasse à terre, les Kouris attaquent l'hippopotame en grand nombre pendant la nuit. L'animal fuit vers le rivage, poursuivi par les cavaliers, qui ne commencent à le frapper de leurs lances que lorsqu'il entre dans l'eau.

« Il est très dangereux de le frapper à terre ou de chercher à lui barrer la route, car le pachyderme charge les chasseurs et coupe en deux de son énorme mâchoire l'imprudent qui se trouve sur son passage[1] ».

Le rhinocéros se rencontre quelquefois sur les

[1] Cap. Truffert : *Le Bahr el Ghazal et l'Archipel Kouri.*

rives du Tchad. Il fuit l'homme, étant très craintif, mais il n'est presque jamais chassé, parce qu'il est



Fig. 13. — *Hippopotame tué sur un bras du Bahr-el-Gazal.*

très dangereux et que sa viande est très mauvaise.

Dans sa reconnaissance sur la rive du Bahr el



Fig. 14. — *Chasse à l'hippopotame dans les Iles Kouris.*

Ghazal, le capitaine Dubois cite le cas d'un rhinocéros blessé par des hommes et qui s'est enlisé dans la vase d'où il n'a pu être extrait.

La girafe est assez commune au Bornou, au nord et au sud-est du Tchad. Une troupe d'une quinzaine de girafes parcourait les environ d'Hadjer el Hamis. Les Arabes ne leur donnent pas la chasse bien que leur chair soit très estimée.

Les Touaregs recherchent la peau de cet animal, avec laquelle ils font d'excellents boucliers. La queue sert de chasse-mouches.

Le lion, la panthère, le sanglier se rencontrent

sur la marge du lac. Les antilopes abondent partout.

On trouve du lapin sauvage et du lièvre dans le Bas-Chari et au Kanem.

Dans les îles mêmes du Tchad, on trouve peu d'animaux sauvages ; de rares antilopes, qui viennent de la terre ferme en traversant les canaux à la nage, quelques gazelles, du lièvre en petite quantité. La loutre s'y rencontre quelquefois.

Peu de perdreaux et de pintades, quelques outardes ; beaucoup de canards et de sarcelles dans les baies vaseuses ; beaucoup d'oiseaux d'eau, depuis le râle d'eau jusqu'au héron gris-fauve, et au grand marabout au panache rouge.

§ 3. — Poissons et Mollusques.

Le poisson est très abondant et d'espèces très variées dans le lac.

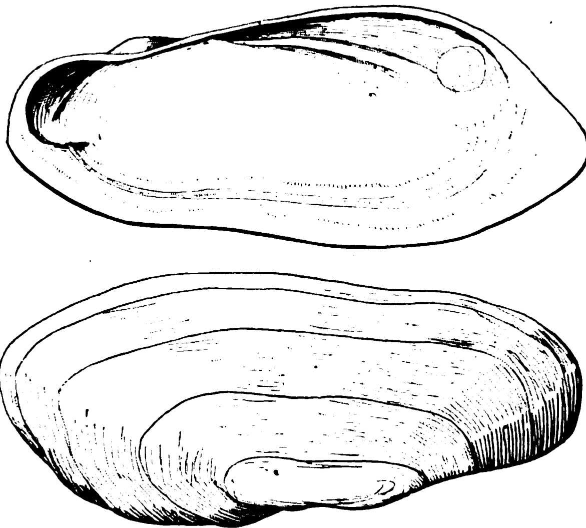


Fig. 15. — *Cofoui (vue intérieure et extérieure).*

Il est pêché au harpon pour le gros poisson et à l'aide de filets analogues au tramail avec flotteurs.

Les Kouris se livrent régulièrement à la pêche, qu'ils pratiquent avec beaucoup d'adresse. Il semblerait que le poisson est un peu moins abondant dans les archipels des Boudoumas. Ces insulaires, d'ailleurs très apathiques en raison de leur origine Fellatah, consomment très peu de poisson, et ne montrent que de faibles aptitudes pour la pêche. L'absence de cet aliment phosphoré dans leur nourriture semble être une des causes de la diminution de la population, très sensible chez eux depuis quelques années.

Au moment de l'hivernage, le poisson émigre en masse du Tchad pour remonter les affluents du lac et aller frayer dans les rivières, et principalement dans le Chari. C'est le moment où, dans cette grande rivière, les Kotokos du Bas-Chari, avec leurs grandes pirogues et leurs filets en triangles au grand levier coudé, se livrent à la pêche, de 3 heures à 8 heures du matin. Les pêcheurs installent à l'embouchure du Chari de grandes pêcheries où le poisson est ensuite séché. Elles donnent lieu à un commerce très actif de poisson avec le Baguirmi et principalement le Bornou.



Fig. 16. — *Crevette du Tchad.*

Les espèces de poisson qui sont le plus appréciées sont, d'après le capitaine Truffert :

Le « lacoli », un des plus gros poissons du lac, qui atteint $1^m,20$ de longueur et pèse jusqu'à 30 kilogs ;

Le « fadi », poisson plat de $0^m,70$ à $0^m,80$ de longueur sans écailles ;

Le « kaga », sorte d'anguille avec une nageoire dorsale hérissée de dix forts piquants et couverte d'écailles carrées ;

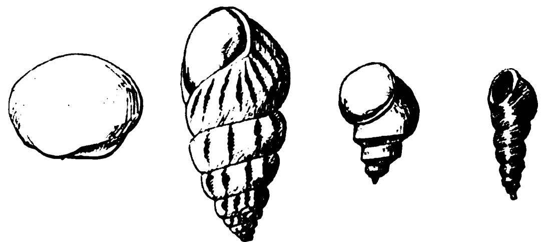


Fig. 17. — *Kilisos.*

Le « m'bassa », poisson plat, très commun, de 30 à 40 centimètres de longueur, dos vert, écailles rondes ;

Le « kagamodo », machoiron de vase à tête plate, nageoires dorsale et abdominale assez développées ;

Le « sahoui », ayant une bosse sur le dos et une membrane dorsale non cartilagineuse, avec de longs filaments aux narines, à la nageoire dorsale et à la queue ; sa longueur dépasse souvent 1 mètre.

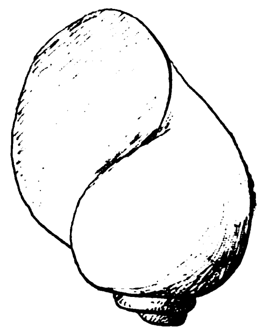


Fig. 18. — *Escargot du Tchad.*

On trouve aussi dans le Tchad des moules (cofoui), des crevettes et des coquillages en forme d'escargot (kiliso) (fig. 15 à 18).

La collection de dessins en couleurs du capitaine Truffert donne des images très exactes des principaux animaux, poissons, plantes, paysages, etc., du lac.

§ 4. — **Reptiles.**

On trouve dans les îles du Tchad des scorpions, mille-pieds, dont les piqûres ne sont pas mortelles.

Les serpents existent en grand nombre. Les principales espèces sont : le grand boa nageur, le trigonocéphale, et un petit serpent de sable, filiforme, de 20 centimètres de longueur, très venimeux et très redouté des indigènes, qui l'appellent « niorforbé ».



Fig. 19. — *Algues du Tchad.*

III. — CONCLUSION.

Les connaissances acquises sur le grand lac soudanien montrent que la forme général du Tchad tend actuellement à se modifier. La nappe liquide semble gagner d'une marche lente, mais continue, vers le sud-ouest, c'est-à-dire du côté du Bornou.

Sous l'influence des apports du Chari et des vents prédominants du nord-est, la côte orientale se dessèche; les bancs vaseux y émergent successivement; les îles s'élèvent, se soudent progressivement, et se rattachent lentement à la terre ferme de la côte du Kanem.

Formées d'un sable fin, fortement mêlé de débris de coquilles, les îles de cette côte sont particulièrement propres à la culture du mil. Recherchée par les nomades de la bordure saharienne, cette graminée donne lieu à des échanges actifs. En toute saison, on trouve, dans les archipels Kouri et Boudouma, une herbe de bonne qualité, qui assure la nourriture des nombreux troupeaux de bœufs, principale richesse des insulaires.

Pour trouver l'eau nécessaire à leurs besoins, à leurs cultures, les indigènes du Kanem émigrent, peu à peu, dans les îles voisines. La population lacustre s'augmente ainsi par une progression lente et continue. On peut évaluer ses gains à 25 °/₀, depuis trente ans.

Seules, les méthodes scientifiques fournissent des résultats offrant quelque exactitude et quelque précision. On a cherché à s'en inspirer dans les travaux entrepris au Tchad en 1901 et 1902. Grâce aux initiatives, aux concours éclairés qui les ont facilitées, des investigations méthodiques ont dissipé quelques incertitudes dans l'étude du centre africain.

Puissent ces recherches se développer en moisson plus ample de notions scientifiques. Nous serons particulièrement heureux d'en applaudir l'essor, comme œuvre de successeurs plus qualifiés, et mieux dégagés que nous des soucis d'une organisation laborieuse.

Lieutenant-Colonel Destenave.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Appell (P.), *Membre de l'Institut, Professeur à l'École Centrale, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.* — **Cours de Mécanique**, *à l'usage des candidats à l'École Centrale des Arts et Manufactures.* — 1 *vol. in-8° de* 271 *pages avec* 143 *figures. Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

De toutes les branches des Mathématiques, il n'en est aucune dont l'exposition donne moins, à l'heure présente encore, l'impression de quelque chose d'achevé, de définitif que la Mécanique, et cela à tous les degrés de l'enseignement. Dans les cours de nos Universités, ce sont les hypothèses et les définitions si délicates relatives à la force, à la masse, au temps, à l'espace absolu, que sais-je? enfin toutes les difficultés qu'on rencontre dès qu'on veut raisonner mathématiquement du monde physique et qui apparaissent là sous un aspect d'autant plus aigu que les questions semblent, au premier abord, plus simples et susceptibles d'une solution plus parfaite. Ces difficultés se retrouvent en partie dans l'enseignement des lycées; mais la question prend cependant alors une forme notablement différente. On n'est peut être plus obligé, cette fois, d'aller au fond de ces subtiles questions de principes; mais combien les auditeurs auxquels on s'adresse sont mal préparés à recevoir même un enseignement moins exigeant à cet égard et plus superficiel; plus généralement, à porter leur attention, si peu que ce soit, sur les choses de la Nature!

Présentée à ces élèves qui n'ont presque jamais observé par eux-mêmes un phénomène, qui, peut-être, dans toute leur année, ne seront amenés à voir se vérifier aucune loi de l'équilibre ou du mouvement, à prendre sur le fait l'action d'aucune force, la Mécanique, par une force irrésistible des choses elles-mêmes, cesse à peu près d'exister : elle se réduit à un jeu de formules et de menus problèmes de Géométrie ou de Trigonométrie. Les élèves n'ont même pas conscience de cet état de choses; leurs professeurs le déplorent, mais sont bien obligés de n'y rien changer.

Dans ces dernières années, la question est entrée dans une phase nouvelle par l'adjonction de la Mécanique aux programmes d'admission de nos grandes Ecoles scientifiques. Par là, son enseignement commence et continuera à subir des influences tout autres que celles auxquelles il a été soumis jusqu'ici. L'action du lycée est forcément dominée par celle de l'école à laquelle il prépare; souvent même, il faut le reconnaître, cette dernière influence a pesé bien lourdement sur le fonctionnement de nos établissements secondaires.

Cette fois, en tout cas, elle aura été bienfaisante. Le programme de l'Ecole Centrale vient de subir une complète et très heureuse transformation, dans laquelle la Mécanique, comme il était naturel, s'est trouvée particulièrement intéressée. Pour faire comprendre quel est, sur ce point, le sens de la réforme ainsi opérée, M. Appell a pensé que le mieux était de faire un livre destiné à développer les matières qu'elle impose aux candidats et inspiré des idées qu'elle a pour but d'introduire. L'enseignement se trouve donc doté à la fois d'un meilleur programme et d'un traité qui constitue un important progrès.

L'ouvrage débute par la théorie des vecteurs. Les moments, toutefois, sont reportés au chapitre relatif à la statique du solide. Mais, bien entendu, l'une et l'autre partie de la théorie sont exposées comme étant de la Géométrie : nulle part, le lecteur n'a l'illusion qu'en les étudiant, il fait de la Mécanique, illusion si préjudiciable à l'intelligence de cette science.

Vient ensuite la Cinématique du point. Entre les différents mouvements rectilignes ou curvilignes possibles, les mouvements vibratoires figurent assurément parmi les plus importants au point de vue physique : l'auteur insiste sur leur étude; il la pousse assez loin, puisqu'il va jusqu'au phénomène des battements. Il ne dédaignera pas, d'autre part, de s'arrêter assez longuement aux modes de figuration pratique des mouvements, aux graphiques d'espaces, de vitesses, d'accélérations.

En Mécanique proprement dite, la question des unités est, bien entendu, traitée avec le soin qu'elle comporte. D'autre part, le fait même que la géométrie des segments a été traitée à part permet de bien mettre en évidence qu'une force n'est pas un simple segment, une pure ligne géométrique, qu'elle a une signification physique. Quelques pages intéressantes sont consacrées aux champs de force et à leur figuration. Au reste, pour montrer combien nous sommes loin de la « Mécanique » que nous avons connue autrefois, il suffit de dire qu'en cet endroit on invoque une expérience. A propos du champ de forces constitué par la pesanteur, l'auteur montre comment un dispositif simple et d'une réalisation relativement facile (expérience de M. von Jolly) permet de se rendre compte de la variabilité de ce champ avec l'altitude. Il est à peine utile d'insister sur l'avantage qu'on trouvera à préciser ainsi, d'une manière frappante pour le lecteur, l'ordre de l'approximation que l'on fait en traitant la pesanteur comme une force constante.

De même, la Statique du corps solide n'est pas abordée sans que le lecteur soit averti de ce qu'elle a de théorique et d'approximatif; il saura que, pour l'équilibre de deux forces, il est nécessaire, mais non toujours suffisant, qu'elles soient égales et directement opposées.

Les chapitres suivants (équilibre des solides non libres; machines simples) nous fourniraient matière à des remarques analogues. Nous bornerons toutefois là ces exemples; ils suffisent à montrer les tendances nouvelles qui caractérisent l'ouvrage actuel. On peut espérer que celui-ci marque le commencement d'une ère où l'enseignement de la Mécanique perdra de plus en plus son caractère conventionnel, scolastique, pour devenir plus conforme à la réalité.

JACQUES HADAMARD,
Professeur adjoint à la Sorbonne,
Professeur suppléant au Collège de France.

2° Sciences physiques

Girard (Feu Aimé), *Membre de l'Institut*, et **Lindet** (L.), *Professeur à l'Institut Agronomique.* — **Le Froment et sa mouture (Traité de Meunerie).** — 1 *vol. gr. in-8°, de* 350 *pages avec* 85 *fig. et* 3 *pl.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

Aimé Girard, dont on connaît les beaux travaux sur le grain de blé, avait formé le projet d'écrire un traité de Meunerie. Ce travail, interrompu par sa mort, a été repris par M. Lindet, qui a mis à profit les documents laissés par ce regretté savant, les a complétés et mis au courant des recherches récentes.

La meunerie, de même que toutes les industries, est redevable à la science de progrès indiscutables. C'est grâce aux études théoriques qui ont été faites sur l'anatomie générale du grain de froment, sur la composition

chimique de ses différentes parties, sur leur digestibilité et leur valeur alimentaire, sur l'action mécanique qu'exercent sur ce grain les divers instruments de broyage, que l'on a pu se rendre un compte exact des phénomènes que l'on observe au cours des opérations de la meunerie et de la boulangerie. C'est aussi grâce à ces études théoriques que l'on a pu améliorer la pratique de ces deux industries. Sans doute, comme le fait observer M. Lindet, on produisait de la farine avant que la science s'introduisît dans le moulin; mais, depuis qu'elle s'y est introduite, il n'est pas niable qu'elle a été une source de progrès.

La meunerie et la boulangerie sont, au point de vue social, des industries très importantes, puisque le pain est, dans notre pays, la base de l'alimentation, surtout dans la classe laborieuse. L'objectif de ces industries doit donc être de produire le pain le meilleur possible et au prix de revient le plus réduit. C'est pour réaliser ce desideratum que la science est utilement intervenue. Aimé Girard, qui a étudié le grain de blé en se plaçant au point de vue de l'industrie meunière, a fait porter ses essais sur l'enveloppe du grain, le germe et l'amande farineuse. Il a constaté que la farine doit être constituée uniquement par cette dernière si l'on veut obtenir du pain blanc réalisant à la fois l'aliment le meilleur et le plus assimilable. L'enveloppe et le germe renferment, en effet, des éléments nuisibles à la panification, principalement des diastases. Mège-Mouriès avait déjà montré que le son contient de la *céréaline*, qui diminue l'élasticité du gluten, empêche le pain de lever et rend le pain bis. Aimé Girard a remis ces faits en lumière par des expériences très élégantes et décisives. De plus, par des expériences physiologiques qu'il a faites sur lui-même, il a prouvé que les matières azotées et hydrocarbonées de l'enveloppe du grain ne sont pas digestibles.

L'enveloppe doit donc être éliminée complètement par la mouture. Il en est de même du germe, qui renferme, en plus de la céréaline, deux autres diastases, l'*amylase* et la *dextrinase*, qui solubilisent l'amidon et le transforment, soit en dextrine, soit en maltose.

C'est donc un fait acquis et démontré scientifiquement que la farine ne doit être constituée que par l'amande farineuse du grain de froment, à l'exclusion de l'enveloppe et du germe. En analysant un grand nombre de blés, Aimé Girard a trouvé que la proportion d'amande farineuse contenue dans le grain est, en moyenne, de 84 °/₀. Dans la pratique, on ne peut guère extraire que 70 °/₀ de farine, si l'on veut que celle-ci soit exempte de débris de l'enveloppe et du germe et fournisse par la panification du pain blanc.

On sait qu'il existe deux sortes d'appareils pour réduire le blé en farine : les meules et les cylindres. Les auteurs étudient successivement ces deux sortes d'engins d'une manière très complète. Ils mettent nettement en évidence leurs différences d'action : les meules attaquent le blé d'une manière plus brutale que les cylindres, qui agissent d'une manière progressive et permettent de séparer d'une façon plus parfaite de l'amande farineuse les sous-produits.

Dans tous les cas, Aimé Girard conseille de n'extraire, au maximum, que 70 °/₀ de la farine du grain de froment pour que le pain qu'elle servira à préparer soit blanc et de bonne qualité. Cette proportion se nomme le *taux d'extraction*.

Pour que la farine soit propre à une bonne panification, il faut non seulement qu'elle soit formée exclusivement, ou à peu près exclusivement, par l'amande farineuse, mais aussi que sa teneur en gluten soit normale et que ce gluten ait une constitution déterminée.

Le gluten des farines de blé tendre est constitué par un mélange, en proportions variables, de *gliadine*, de *gluténine* et d'une très petite quantité de *conglutine*. Il doit exister un certain rapport entre les proportions de gliadine et de gluténine pour que la farine soit propre à une bonne panification. M. Fleurent a montré que ce rapport doit être : $\frac{gliadine}{glutenine} = \frac{1}{3}$ et il a indiqué un procédé pratique de dosage de ces constituants du gluten.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, les recherches scientifiques ont rendu des services à l'industrie meunière. Ces recherches sont exposées d'une manière très complète et sous une forme méthodique et claire dans l'ouvrage que M. Lindet vient de faire paraître. Souhaitons que ce livre, où sont consignés les remarquables travaux d'Aimé Girard, se répande dans la meunerie et y active le progrès.

X. Rocques,
Ingénieur-chimiste,
Ancien chimiste principal
du Laboratoire municipal de Paris.

3° Sciences naturelles

Ferrand (G.). — **Les Çomalis.** Matériaux d'études sur les pays musulmans, *publiés sous la direction de M.* A. Le Chatelier, *professeur au Collège de France.* — 1 *vol. in*-12 *de* 284 *pages. E. Leroux, éditeur. Paris*, 1903.

La *Revue générale des Sciences* rendait compte, il y a quelques mois, de l'important ouvrage de M. G. Ferrand sur *Les Musulmans à Madagascar*. Continuant ses travaux, si remarquables, sur la grande île africaine, M. Ferrand a publié récemment un *Essai de grammaire malgache*, que nos lecteurs nous sauront gré de leur signaler. Le caractère philologique de cet *Essai*, qui est, en réalité, une étude fondamentale de la langue malgache, ne nous permet pas d'en rendre compte en détail dans la *Revue*. Mais nous ne pouvons nous empêcher de noter, en passant, qu'il existe une corrélation nécessaire entre le mouvement intellectuel des colonies et leur prospérité économique. Quand on écrira, plus tard, l'histoire réelle du développement de Madagascar, on verra avec quelle sagesse le général Galliéni a su reléguer, peu à peu, à l'arrière-plan les agitations stériles du « Colonialisme », pour encourager et développer les efforts patients et méthodiques.

En même temps que M. Ferrand publiait son *Essai de grammaire malgache*, il écrivait un autre ouvrage, *Les Çomalis*, pour la collection des *Matériaux d'Etudes sur les Pays musulmans*, que notre éminent collaborateur, M. Alfred Le Chatelier, vient de créer comme développement de son cours de Sociologie musulmane au Collège de France. Nous tenons à appeler, à bien des titres, l'attention des lecteurs de la *Revue* et sur cette collection, qui paraît appelée à rendre les plus grands services à tous ceux que préoccupe l'étude scientifique des pays musulmans, et sur le volume même par lequel elle débute.

Les bandes çomalies commandées par le prétendu Mad Mullah viennent d'infliger récemment une troisième défaite aux troupes anglaises. Ces succès inattendus ont mis en vedette un peuple peu connu, redoutable par sa barbarie et son fanatisme. M. Ferrand a groupé dans *Les Çomalis* tous les renseignements, anciens et modernes, que nous possédons sur les tribus de langue çomalie qui habitent le territoire compris dans l'immense triangle dont Djibouti, le cap Gardafui et l'embouchure du Djoub forment les sommets.

Jusqu'à l'ère chrétienne, la côte septentrionale du Çomal est seule connue. C'est le *Pount* ou *Pouanit* des Égyptiens du temps de l'Empire memphite, alors que les Khatiou occupaient « le pays de l'encens ».

Le périple de la mer Erythrée, écrit vers l'an 80 de notre ère, donne quelques renseignements sur la côte çomalie de la mer des Indes. Puis, à partir du xᵉ siècle, les géographes arabes précisent ces connaissances, en parlant principalement des ports des deux côtes : Zeila, Berbera, le cap Gardafui, Magadoxo. Enfin, pendant la période qui va du xivᵉ au xviiiᵉ siècle, les chroniques éthiopiennes et les chroniques arabes, les relations des voyageurs portugais, rappellent brièvement l'existence des Çomalis. On saura gré à M. Ferrand du

soin avec lequel il a dépouillé toutes ces sources, en citant, notamment, plusieurs auteurs arabes inédits.

A partir de 1884, l'exploration européenne commence et se poursuit jusqu'aux débuts du mouvement actuel, marqué par le massacre méthodique de plusieurs missions scientifiques.

Après avoir rapporté leurs principales traditions historiques, indiqué les caractéristiques de leur langue et résumé les observations antérieures, M. Ferrand fait l'historique de chacune des tribus çomalies. Suivant une coutume peu commune en pays musulman, plusieurs d'entre elles, celles dont le nom commence par Habr (mère, aïeule), portent un nom matronymique. Elles se divisent en sous-tribus, fractions de tribus, clans et familles, dont l'auteur décrit l'habitat, le caractère sédentaire ou nomade et les mœurs spéciales, d'après ses observatious personnelles, faites en 1882-1883, et celles des voyageurs suivants.

Dans le chapitre consacré à l'*Organisation sociale*, il expose les mœurs et coutumes communes à toutes les tribus. Il prend l'homme et la femme au moment du mariage, et les suit jusqu'à l'extrême vieillesse et la mort. La naissance des enfants et leur éducation jusqu'à leur entrée en famille complètent cet exposé de la vie çomalie et des pratiques auxquelles chacun des actes du nomade et du sédentaire peut donner lieu. Presque chaque trait de mœurs dénote une barbarie et une cruauté sans pareilles

Le chapitre suivant, *Musique* et *Chansons*, contient la confirmation des goûts ataviques des Çomalis pour le meurtre. Dans un chœur populaire, les jeunes filles chantent : « Je désire que tu puisses tuer un homme tous les soirs. »

Le Çomal septentrional, après une période chrétienne sur laquelle nous ne possédons que peu de données, fut islamisé à une date incertaine, probablement par l'infiltration continue des musulmans du Yémen. Les confréries musulmanes semblent avoir joué, au siècle dernier, un rôle considérable dans le développement du fanatisme et des sentiments xénophobes chez les Çomalis. Paulitschke leur consacre, en effet, une mention spéciale.

Après avoir indiqué les frontières respectivés des quatre Puissances qui se sont récemment partagé le Çomal, — France, Angleterre, Italie et Abyssinie, — M. Ferrand termine par un chapitre substantiel, consacré au Madhi Mohammed ben Abdallah, le chef de l'insurrection contre le Protectorat britannique. Les détails de la campagne anglaise, de mars 1899 à mars 1902, sont empruntés aux *Parliamentary Papers* publiés à ce sujet. Ces documents officiels montrent que les agents britanniques n'avaient pas apprécié à sa valeur la gravité du mouvement mahdiste du Çomaliland.

L'ouvrage de M. Ferrand est donc tout particulièrement intéressant, puisqu'à sa valeur scientifique s'ajoute un caractère d'actualité. LOUIS OLIVIER.

Laulanié (F.), *Directeur et Professeur de Physiologie à l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.* — **Eléments de Physiologie.** 3ᵉ *et* 4ᵉ *fascicules* : **Du Mouvement. Fonctions du Système nerveux. De la Reproduction.** — 2 *vol. in*-8°, 621 *et* 1072 *pages, avec* 214 *figures.* (*Prix :* 10 *fr.*) *Asselin et Houzeau, éditeurs. Paris*, 1902.

Les deux derniers fascicules de l'ouvrage de M. Laulanié comprennent la physiologie générale du tissu musculaire avec la physiologie spéciale de la locomotion et de la phonation, la physiologie générale et spéciale du système nerveux avec les organes des sens, les fonctions de reproduction.

On ne peut guère, quand on traite des propriétés des muscles et des éléments nerveux, s'écarter d'un plan qui est imposé par la nature même du sujet. Pour le muscle, c'est l'étude de la contractilité et de l'élasticité, c'est l'analyse du mouvement par la méthode graphique, ce sont les phénomènes histologiques, chimiques, thermiques et électriques qui accompagnent la contraction. Pour le système nerveux, c'est la théorie du neurone, ce sont les lois de l'excitabilité et de la conductibilité des voies périphériques de transmission, ce sont enfin les manifestations les plus caractéristiques de l'activité des éléments centraux, c'est-à-dire les actes réflexes automatiques et inhibitoires.

Toutes ces notions sont présentées dans l'ouvrage de M. Laulanié avec clarté et méthode et les faits qui doivent servir à les mettre en lumière choisis avec soin : les qualités d'exposition que nous avons déjà eu l'occasion d'apprécier dans la première partie de ce livre se retrouvent au même degré dans la seconde. Quelques-uns des chapitres du troisième fascicule ont plus particulièrement un caractère personnel et original par les développements que l'auteur leur a donnés; tels sont ceux qui ont trait à l'élasticité du muscle et surtout à l'énergétique musculaire et aux variations de la chaleur produite suivant que le travail est ou n'est pas stérile : on trouvera, en quelques pages, un excellent résumé critique des expériences anciennes de Hirn et de Béclard et des travaux récents de M. Chauveau sur cette dernière question.

La première moitié du quatrième fascicule est consacrée à la physiologie des centres nerveux et des organes des sens. M. Laulanié y a condensé les données fondamentales dans un exposé approprié aux besoins de l'étudiant. A l'étude du système nerveux vient se rattacher l'influence qu'il exerce sur les diverses fonctions de l'organisme, sur les phénomènes mécaniques de la digestion, sur la circulation, la respiration, les sécrétions, la calorification. On voit que l'auteur ne s'est pas conformé au plan habituellement suivi, d'après lequel les considérations sur la dépendance de chaque fonction vis-à-vis du système nerveux sont développées à propos de cette fonction même. L'ordre adopté par M. Laulanié a peut-être cet avantage de moins exposer à des redites et de mieux montrer le système nerveux sous son double aspect d'instrument des relations de l'animal avec le monde extérieur et d'appareil régulateur de la nutrition.

L'ouvrage se termine par la physiologie de la reproduction. C'est une description sobre, mais précise, de l'ovulation, de la spermatogénèse, des phénomènes intimes de la fécondation, des premières phases du développement embryonnaire, et enfin des relations nutritives entre le fœtus et la mère. Je signalerai particulièrement dans ces chapitres un tableau imagé, mais, par là même, très instructif, de la formation du placenta chez les diverses espèces animales.

Les deux fascicules sont illustrés, comme les premiers, par de très nombreuses figures, dont beaucoup sont le fruit des travaux personnels de l'auteur en Physiologie et en Embryologie. E. WERTHEIMER,
Professeur de Physiologie
à la Faculté de Médecine de Lille.

4° Sciences médicales

Jouhaud (Dʳ Léon). — **Caractères biologiques de l'Entérocoque.** — 1 *vol. in*-8° *de* 151 *pages. C. Naud, éditeur. Paris*, 1903.

Le travail de M. Jouhaud établit définitivement l'existence, la fréquence et l'importance clinique du microbe appelé dès 1899 « Entérocoque » par M. Thiercelin, qui reconnaissait par là son origine fréquemment intestinale.

Nombre d'auteurs l'avaient observé auparavant et confondu avec le streptocoque, le staphylocoque, le pneumocoque. En effet, l'entérocoque est susceptible de prendre successivement ces différents aspects. Aussi, pour insister sur son polymorphisme, M. Thiercelin a-t-il ajouté, au nom d' « entérocoque », l'épithète de *proteiformis*.

M. Jouhaut rappelle, dès le début de sa thèse, les travaux qui ont précédé ou suivi le Mémoire de M. Thiercelin, et dans lesquels le microbe décrit peut être con-

sidéré comme étant l'entérocoque. Nous aurions désiré voir discuter l'identité du micro-organisme qui nous occupe avec le diplostreptocoque décrit par M. Barbier au cours de la diphtérie en 1892, avec le microbe trouvé dans la grippe, la même année, par MM. Teissier, Roux et Pittion, enfin avec le diplostreptocoque du rhumatisme de MM. Triboulet et Coyon.

Pour obtenir le microbe-type, il suffit de filtrer à travers papier des selles normales, ou encore de les ensemencer en culture anaérobie. L'isolement est alors facile : la culture est luxuriante, même à la température du laboratoire. L'entérocoque est doué d'une vitalité exceptionnelle; on peut le repiquer avec succès après plus de six mois.

La culture est d'aspect variable. Elle se présente le plus souvent sur gélose en dépôt fin, intermédiaire comme apparence entre le pneumocoque et le streptocoque; mais, en vieille culture, le micro-organisme s'étale épais comme du staphylocoque. En bouillon, les flocons n'existent qu'autant que l'on agite le tube et retombent au fond par le repos. La mise en culture donne trois caractères principaux : l'entérocoque ne liquéfie pas la gélatine; il coagule le lait; il pousse très difficilement sur pomme de terre.

Au microscope, on le trouve ordinairement en diplocoque à cocci ovoïdes dans les cultures jeunes, arrondis dans les plus anciennes. Ces diplocoques sont souvent formés d'éléments de taille différente. Ceux-ci peuvent, du reste, s'associer par trois, par quatre, formant un Y, un carré ou une croix. Enfin, les diplocoques se succèdent souvent pour constituer des formes streptococciques. Ces formes si différentes se voient fréquemment dans une même préparation.

Le chapitre consacré au diagnostic de l'entérocoque nous semble insuffisamment développé : comme l'entérocoque prend le Gramm, il est facilement confondu non seulement avec le streptocoque et le pneumocoque, mais encore avec le tétragène, qui, lui aussi, prend le Gramm et ne liquéfie pas la gélatine, enfin avec le staphylocoque dont les éléments en bouillon ressemblent souvent à l'entérocoque à grains arrondis; la gélatine, dans ce dernier cas, permet, puisque le staphylocoque la liquéfie, d'établir la distinction.

MM. Thiercelin et Jouhaud ont très finement étudié le mode de reproduction de l'entérocoque. Ils ont vu la nature de la petite nacelle que l'on remarque parfois appendue à un élément d'entérocoque dans les vieilles cultures; c'est un bourgeonnement que M. Thiercelin appelle *microblaste*. Il se forme aux dépens de granulations périphériques et permet ainsi au microbe de se reproduire autrement que par division simple et égale, et par fragmentation multiple.

Profitant aussi de la résistance exceptionnelle du micro-organisme, ils ont varié les conditions chimiques du milieu. Ainsi l'entérocoque a pu se modifier dans sa forme, aussi étrangement que le pyocyanique dans les expériences mémorables de MM. Guignard et Charrin. L'acide picrique, le sulfate de quinine, le bichromate de potasse, donnent au microbe l'aspect streptococcique, bacillaire, filamenteux.

Enfin, M. Jouhaud, dans la partie clinique de sa thèse, relate les différents cas d'entérococcies de la littérature médicale. On peut déduire des observations si variées d'entérites, de méningites, de broncho-pneumonies, la nature infectieuse secondaire de l'entérocoque, qui peut facilement émigrer de l'intestin dans le sang, puis dans tous les organes, à la faveur d'un affaiblissement de cause primitive variée.

Le groupement de ces faits cliniques ne suffit pas à créer le syndrome clinique correspondant à l'invasion par l'entérocoque. Mais il montre que la persévérance de quatre années déployée par M. Thiercelin a porté ses fruits, puisque le micro-organisme qu'il a isolé en 1899 est aujourd'hui reconnu par de très nombreux travailleurs.

François Dehérain,
Interne des hôpitaux.

5° Sciences diverses

Paulhan (Fr.). — **Analystes et esprits synthétiques.** — *1 vol. in-16 de 196 pages, de la Bibliothèque de Philosophie contemporaine.* (*Prix : 2 fr. 50*). *Félix Alcan, éditeur. Paris*, 1903.

L'analyse et la synthèse ont été surtout étudiées par les logiciens. En quoi, se demandait-on, consiste leur rôle au point de vue des diverses méthodes usitées dans les sciences? Dans ce petit livre, le dessein de M. Paulhan est tout autre; il est beaucoup plus concret et exclusivement psychologique. Il ne s'agit pas de déterminer l'importance de ces deux fonctions essentielles dans les opérations logiques, mais leur action constitutive dans la diversité des complexions mentales. Chacun de nous n'apporte-t-il pas une aptitude prédominante à l'analyse ou à la synthèse? Et ne doit-il pas résulter de cette prédominance aussi bien que de ses variétés des esprits différents, des mentalités individuelles, des *types* intellectuels?

M. Paulhan est, à l'heure actuelle, l'un de nos observateurs les plus ingénieux et les plus souples. Il est aussi l'un des plus féconds. Parti de la Psychologie générale, il a découvert une loi très neuve, dont nous avons ici même marqué l'importance, sur l'activité indépendante des éléments de l'esprit et sur leur association systématique; il en a ensuite cherché l'application et la vérification dans une classification des « caractères » en général, — excellent ouvrage dont hier encore nous signalions la réédition à nos lecteurs, — puis il a spécifié son point de vue. Il a étudié notamment les fonctions intellectuelles, les lois de l'invention, les « *esprits logiques et les esprits faux* », et c'est ainsi qu'il s'est trouvé conduit, par l'observation aussi bien que par le mouvement naturel de sa pensée, à étudier en elle-même, comme déterminante de la complexion mentale des individus, leur faculté d'analyse ou de synthèse. Telle est la place de ce petit ouvrage dans une œuvre déjà considérable et c'est le meilleur éloge à en faire que de marquer cette place.

L'analyse et la synthèse psychologiques présentent des analogies dans la biologie, la chimie, dans la science sociale: assimilation et désassimilation, composition et décomposition, dissociation et reconstitution de groupes. Toutefois, il faut être en garde contre ces rapprochements et il reste seulement que l'analyse et la synthèse expriment les deux grands mouvements de l'esprit, décomposition et assimilation. L'exacte équivalence de ces deux fonctions inséparables constituerait la vie normale à l'état parfait, le type mental supérieur de l'Equilibré.

Cet équilibre est rare. Ceux mêmes qui sont également doués pour l'analyse et pour la synthèse, — Taine par exemple, — ne les exercent pas en même temps ni sur les mêmes objets. Il y a plus souvent juxtaposition qu'harmonie de ces aptitudes lorsqu'elles coexistent. En partant du type inférieur des « indifférenciés », nous aurons donc, pour l'analyse, les observateurs, les critiques, les dilettantes, les savants philosophes, avec des qualités de finesse, de précision, de rigueur, et des défauts d'indécision, d'hésitation; nous aurons au contraire, pour la synthèse, les esprits vulgaires, les routiniers, les intuitifs, les voyants, avec des qualités de force, d'ampleur, des défauts d'inadaptation et de gaucherie.

Comme pour toute classification, il y aurait sans doute à faire quelques réserves sur le détail de celle-ci. Qu'il nous suffise de féliciter l'auteur sur la méthode de plus en plus précise qu'il suit maintenant dans toutes ses études. Il a restreint de jour en jour le champ de son observation et c'est bien par des travaux ainsi circonscrits, par ces sortes de monographies sur une fonction importante, qu'il pourra parvenir à cette psychologie du caractère et du type qui est son ambition et qui sera son mérite. Il a traité aujourd'hui de l'analyse et de la synthèse; nous ne l'aurions pas moins loué de n'avoir fait que l'analyse. G. Ragеot.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 8 Juin 1903.

M. **Lorentz** est élu Correspondant pour la Section de Physique.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **E. Goursat** étudie les intégrales de l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$. — M. **A. Boulanger** recherche les équations différentielles du troisième ordre qui admettent un groupe continu de transformations. Les seules équations qui répondent à la question ne peuvent être que des équations linéaires ou se déduisent d'équations linéaires par une transformation homographique exécutée sur la fonction y, suivie ou non du changement de fonction $y = e^z$. — M. **L. Jacob** étudie le mouvement d'un solide dans un milieu gazeux. Si sa vitesse est supérieure à celle du son dans le gaz à l'état normal, le mouvement donne naissance à une discontinuité affectant les vitesses et les pressions et se déplaçant avec le solide par rapport auquel elle est stationnaire. Cette discontinuité facilite le mouvement du projectile en formant devant lui une sorte d'écran. — M. **P. Duhem** étudie la propagation des ondes dans un milieu parfaitement élastique affecté de déformations finies. Pour une température invariable dans tout le milieu, il retrouve le théorème d'Hadamard. Pour une température variable, le milieu étant bon conducteur, le même théorème s'applique encore; si le milieu est mauvais conducteur, on a un théorème un peu différent.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **Jean Perrin** communique ses recherches sur l'osmose électrique, qui se produit quand on sépare en deux parties, par une cloison poreuse, un vase plein de liquide et qu'on plonge dans les deux parties deux électrodes à des potentiels différents. Cette osmose résulte d'un phénomène d'électrisation par contact; elle n'est intense que pour les liquides ionisants. — M. **E. Rogovsky** a déterminé la conductibilité extérieure H des fils d'argent plongés dans l'eau (quantité de chaleur qui passe à travers 1 centimètre carré de surface pendant une seconde pour une différence de température de 1°). On a $H = a + bd$, d étant la différence entre la température du fil et celle de l'eau. Les valeurs a et b dépendent de la température de l'eau; $a = 0{,}1956 + 0{,}000.603 t_0$; $b = 0{,}004 + 0{,}000.071.7\, t_0$. — M. **F. Re** compare les atomes des corps radioactifs à de petits soleils non éteints provenant de la réunion, autour de centres de condensation, des particules constitutives des atomes ayant formé autrefois une vaste nébuleuse. Les atomes des éléments seraient des soleils éteints. — M. **A. Bouzat** a constaté que, si l'on range dans le même groupe tous les systèmes univariants dans lesquels un corps solide se dissocie en un autre corps solide et en un corps gazeux, la variation d'entropie qui résulte de la mise en liberté d'une molécule de gaz sous une pression déterminée est la même pour tous les systèmes du groupe. — M. **M. Berthelot** a découvert une nouvelle relation applicable aux systèmes constitués par trois électrolytes distincts, tels que A, B et AB : l'élément A + B, constitué par les deux dissolutions A et B, séparées par un vase poreux, ayant une force électromotrice E; l'élément A + AB, constitué par les deux dissolutions A et AB, ayant une force E_1; l'élément B + AB, constitué par les deux dissolutions B et AB, ayant une force E^2. On a la relation : $E = E^1 + E^2$. La relation a été vérifiée par un grand nombre d'expériences. — M. **P. Garrigou-Lagrange** a examiné au cinématographe des cartes barométriques journalières et a vu les aires de maxima et de minima se transformer et se déplacer, leurs mouvements s'effectuant dans des sens nettement déterminés pendant plusieurs jours consécutifs. — M. **E. Vidal** signale les bons résultats qu'il a obtenus par l'emploi du tir des fusées contre la grêle; l'éclatement à 450 mètres au-dessus du sol est suffisant. — M. **de Fonvielle** signale une expérience où la déchirure d'un ballon a donné lieu à la production d'une étincelle. Peut-être une étincelle semblable pourrait-elle provoquer une explosion de ballon. — M. **A. Granger** : Sur l'action de l'arsenic sur le cuivre (voir p. 736). — MM. **Leidié** et **Quennessen** : Sur l'analyse qualitative et quantitative des osmiures d'iridium (voir p. 736). — MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey** ont étudié le mécanisme de la saccharification des mannanes du corozo par la séminase de la luzerne. Le corozo cru contient un ferment soluble complémentaire de la séminase, ferment qui doit agir avant cette dernière. — M. **J. Gnezda** a observé que la présence de l'urobiline empêche la réaction de l'indoxyle de se produire dans l'urine; pour la rétablir, il faut ajouter à l'urine de la lessive de potasse en excès. — MM. **A. Gautier** et **G. Halphen** ont constaté que, dès les débuts de la fermentation alcoolique, l'Az ammoniacal disparaît presque complètement des liqueurs sucrées; l'Az basique organique augmente ou reste constant; l'Az albuminoïde ne subit pas de variations sensibles; l'Az total diminue. L'acidité volatile augmente dès le début. Celle-ci, lorsqu'elle dépasse 0,15 gramme, constitue, avec la disparition presque complète de l'Az ammoniacal, la meilleure caractéristique des liqueurs qui ont fermenté.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Eug. Pittard** a observé, sur les Skoptzy, que la castration chez l'homme diminue, retarde ou restreint la croissance absolue et relative du buste, de la tête, du crâne, dans ses trois dimensions principales, du front, de la face, latéralement et en hauteur. Cette opération augmente ou accélère la croissance absolue et relative de la taille en totalité, celle du membre inférieur, du membre supérieur et probablement de l'oreille. — MM. **Fabre-Domergue** et **E. Biétrix** ont reconnu que l'éclosion des œufs du homard européen n'a pas lieu d'une façon continue à toutes les heures du jour et de la nuit, mais se trouve, au contraire, fixée entre 8 h. et 9 h. du soir. — M. **G. André** a étudié la nutrition des plantes privées de leurs cotylédons; ces plantes présentent un grand retard de végétation. — MM. **L. Duparc** et **L. Mrazec** expliquent la formation du minerai de fer de Troïtsk (Oural du nord); elle est en relation avec la montée d'un magma granitique.

Séance du 15 Juin 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **L. Desaint** donne une solution du problème de la transformation dans les séries de Taylor. — M. **J. Le Roux** communique ses recherches sur les singularités accidentelles des intégrales analytiques des équations linéaires les plus générales à deux variables indépendantes. — MM. **B. Baillaud** et **H. Bourget** concluent, de deux campagnes d'observations, que l'Observatoire du Pic du Midi constitue une excellente station au point de vue astronomique et qu'il serait très désirable d'y voir installé dans de bonnes conditions un instrument de premier ordre; en hiver, on y obtiendrait de fort belles images.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **L. Maillard** a reconnu que la formule barométrique de Halley donne des valeurs suffisamment exactes à condition que les hauteurs barométriques représentent des moyennes de pressions normales pour les deux lieux considérés.

Pour la haute atmosphère, on peut employer la formule de Laplace, en y introduisant un nouveau facteur variable. — **M. G. Guilbert** indique une base nouvelle de prévision du temps, reposant sur le principe du *vent normal*, et qui permet la détermination des oscillations barométriques du *lendemain* à la surface de l'Europe. — **M. Ch. Nordmann** montre comment les particularités de la période diurne de l'aurore boréale peuvent s'expliquer par la considération d'un rayonnement hertzien du Soleil. — **M. R. Swyngedauw** démontre le théorème suivant : Dans un réseau que l'on peut scinder en plusieurs tronçons sans induction mutuelle l'un sur l'autre, parcourus par des courants symétriques et aux bornes desquels s'exerce une tension symétrique, la somme des puissances réelles dégagées est nulle comme la somme des puissances magnétisantes. — **M. R. Blondlot** a constaté qu'il existe des rayons n (rayons capables de traverser le bois) dans le rayonnement solaire. Ces rayons n émis par le Soleil peuvent être concentrés par une lentille de quartz; ils agissent sur une petite étincelle ou une petite flamme en augmentant leur éclat. — **M. G. Sagnac** a déterminé la longueur d'onde des rayons n de M. Blondlot (voir p. 735). — **M. G. Meslin** donne un tableau des corps liquides et des corps cristallisés au point de vue de leur pouvoir magnétique et du dichroïsme des liqueurs constituées par leur groupement. — **M. Jean Perrin** a reconnu que le signe et la grandeur de l'osmose électrique peuvent être déterminés par des traces infinitésimales de certains ions; ainsi H^+ et OH^- ont une action extraordinairement grande. Na^+, K^+, Li^+, Cl^-, I^-, AzO^{3-} agissent beaucoup moins. — **M. A. de Schulten** signale un nouveau procédé de cristallisation de corps peu solubles. Il consiste à chauffer au bain-marie, dans un ballon, une solution d'un sel approprié et à y faire tomber, goutte à goutte (1 à 2 gouttes par minute), l'acide ou la base qui en précipitera le corps à cristalliser; après quelques heures apparaissent au fond du ballon les premiers cristaux. — **M. J.-L. Breton** a établi qu'à poids égal le pouvoir couvrant de l'oxyde de zinc est à peu près double de celui de la céruse, et que le lithopone possède lui-même un pouvoir couvrant supérieur d'un tiers à celui du carbonate de plomb. — **M. Hanriot** est amené à considérer l'acide collargolique, qui forme d'après lui la base du collargol ou argent colloïdal, comme un composé de lysalbine (6,1 °/₀) et d'argent (93,1 °/₀). L'argent colloïdal de Carey Lea est tout à fait différent du collargol. — **M. H. Pélabon** a déterminé la courbe de fusibilité des mélanges de sulfures d'argent et d'antimoine. Elle présente deux ordonnées maxima, qui indiquent l'existence de deux combinaisons définies $Sb^2S^3.Ag^2S$ et $Sb^2S^3.3Ag^2S$, et trois ordonnées minima correspondant à trois mélanges eutectiques différents. — **M. A. Villiers** a étudié l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool. L'éther ordinaire se produit finalement dans une même proportion, à toute température, bien qu'avec des vitesses différentes — **M. R. Marquis**, en réduisant par l'amalgame d'aluminium le nitropyromucate d'éthyle, a obtenu l'aminopyromucate d'éthyle ; son dérivé acétylé est saponifié en acide acétaminopyromucique, qui peut perdre CO^2 en donnant l'acétylfurfuranamine. — **M. P. Carré**, en faisant réagir le trichlorure de phosphore sur la glycérine, a obtenu un éther phosphoreux de ce corps $P^2O^6(C^3H^5)^2$ et un éther phosphoreux de sa monochlorhydrine $P.OH.O^2C^3H^5Cl$, lesquels sont immédiatement décomposés par l'eau froide pour donner les composés $P^2(OH)^4O^2C^3H^5OH$ et $P(OH)^2O.C^3H^5OHCl$. — **M. F. Leteur**, en faisant réagir l'hydrogène sulfuré sur la méthyléthylcétone à basse température, a obtenu un trimère de la butanethione $(C^4H^8S)^3$. C'est un liquide ambré, soluble dans l'éther et le sulfure de carbone, décomposable par distillation. — **MM. L. Bouveault** et **G. Blanc** ont préparé deux nouveaux carbures isomères du campholène et du camphène : le triméthyl-1 : 1 : 2-méthylène-3-cyclopentane, Eb. 138°-140°, et le triméthyl-1 : 1 : 5-éthène-2-cyclopentène-4 : 5, Eb. 157°-158°. — **M. E.-E. Blaise**, par fixation d'acide iodhydrique sur l'acide 2 : 2-diméthylglutaconique, puis hydrogénation du dérivé iodé par le zinc et l'acide sulfurique en milieu hydroacétique, a obtenu l'acide 2 : 2-diméthylglutarique, F. 84°. — **M. H. Henriet** a constaté qu'il existe dans l'air des traces d'un corps gazeux formé par l'union d'une base azotée avec un acide; cet acide n'est autre que l'acide formique. — **M. Oechsner de Coninck** a observé que, sous l'influence de l'acide sulfurique ou sous l'action de la chaleur, l'acide phénylglycolique se décompose suivant les deux réactions : $C^6H^5.CH.OH.CO^2H = C^6H^5CHO + CO^2 + H^2$ ou $C^6H^5.CHO + CO + H^2O$. — **M. A. Mouneyrat**, en faisant réagir le bromure d'iode sur les matières albuminoïdes, a obtenu des combinaisons bromoiodées insolubles, jaune orangé ou jaune brunâtre. La plupart des bases organiques azotées donnent des produits d'addition analogues; il n'est pas nécessaire qu'elles renferment le noyau pyridique. — **M. L. Maillard** rappelle qu'il a déjà signalé l'entrave apportée à la recherche de l'indoxyle dans l'urine par la présence de l'urobiline; pour éviter cet obstacle, il suffit de déféquer au sous-acétate de plomb. — **MM. E. Charabot** et **G. Laloue** ont constaté que, chez le géranium, l'acidité volatile diminue lorsqu'on va de la feuille vers la tige. En outre, les composés terpéniques du géranium se trouvent entièrement localisés dans la feuille.

3° Sciences naturelles. — **MM. Ch. Henry** et **L. Bastien** cherchent à préciser un critérium suffisant d'irréductibilité dans les ensembles statistiques en Biologie. — **M.** et **Mme L. Lapicque**, poursuivant leurs recherches sur la loi de l'excitation électrique, arrivent à la formule $vt = \alpha + \beta t - \gamma v$, où v représente le voltage pris pour mesure de l'intensité, t le temps, α, β et γ des constantes propres à l'expérience. — **MM. A. Broca** et **D. Sulzer** ont mesuré l'énergie lumineuse nécessaire pour la vision d'une lettre. — **M. L. Launoy** a étudié les modifications apportées dans la structure du noyau des cellules glandulaires pendant la phase d'activité de ces cellules. Les unes sont passives et concernent le volume et la situation du noyau ; les autres sont actives et en corrélation avec la participation directe du noyau à l'acte sécréteur. — **M. J. Audigé** a observé, dans les tubes rénaux du Barbeau, une infiltration de petits éléments cellulaires, à gros noyau unique, prenant avec intensité les couleurs basiques d'aniline; elle coïncide avec un état de dégénérescence prononcé des tubes. — **M. R. Dubois**, à propos de la préparation d'une « lampe de sûreté » au moyen de photobactéries lumineuses par le Professeur Molisch, rappelle qu'il a déjà éclairé le Palais de l'Optique, à l'Exposition de 1900, par des lampes semblables. — **M. A. Guilliermond** a constaté que les corpuscules métachromatiques des Champignons naissent toujours aux dépens du cytoplasme, sans que le noyau donne d'indications de sa participation dans leur élaboration. Toutefois, ces corpuscules naissent très souvent dans le voisinage du noyau. — **M. C. Houard** a reconnu, d'une manière générale, que, dans les galles des tiges, la nutrition des tissus anormaux avoisinant les parasites est assurée par la région libérienne des faisceaux libéro-ligneux ou par celle des petits faisceaux d'irrigation dont l'apparition est provoquée par le parasite. — **M. J.-M. Guillon** a observé qu'une même bouillie soufrée peut combattre à la fois le mildiou et l'oïdium ; les bouillies soufrées noircissent lorsqu'elles ne sont pas utilisées immédiatement et leur adhérence diminue. — **M. J. Perraud** indique les meilleures précautions à prendre pour pratiquer le clochage ou sulfurisation de la vigne dans le but de détruire les larves de Pyrale. — **M. E.-A. Martel** estime que le creusement des cavernes, d'ordre avant tout hydrologique, ne saurait être limité à une seule époque déterminée : c'est un phénomène d'une longue étendue, débutant au Tertiaire et se continuant sous nos yeux avec une considérable déchéance. Vers la fin du Miocène, ce percement a commencé par le soutirage des grands lacs; il s'est continué par la capture des fleuves pliocènes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 2 Juin 1903.

M. **Teissier** critique le système quarantenaire appliqué à Marseille aux navires suspects, système qui repose sur des mesures le plus souvent vexatoires et inefficaces, ne répondant plus aux progrès de l'hygiène moderne et à l'introduction de la sérothérapie préventive dans la prophylaxie des maladies pestilentielles. M. Teissier réclame, comme réforme urgente : 1° la nomination d'une Commission consultative de contrôle, instituée à côté de la Direction générale de la Santé, et destinée à juger les cas litigieux et à fixer la durée de la quarantaine ; 2° la suppression du pouvoir discrétionnaire du Directeur de la Santé, de telle sorte que le débarquement ne puisse jamais être refusé à des nationaux rentrant en France. — M. **Nimier** signale un cas d'hémiplégie avec contracture consécutive à une plaie du crâne par arme à feu et guérie par l'extraction des esquilles. — M. **Delanglade** rapporte un cas d'opération de l'ostéo-sarcome de l'humérus. — M. **Mendel** lit un travail sur l'effet des injections d'eucalyptol dans la tuberculose pulmonaire. — M. **G. Marinesco** présente un mémoire sur la présence de corps étrangers dans les cellules nerveuses en rapport avec la théorie de l'amiboïsme nerveux.

Séance du 9 Juin 1903.

M. **A. Robin** présente un Rapport sur un mémoire de MM. **Lemoine** et **Doumer** relatif au traitement d'un cas de cancer de l'estomac par les rayons X. En sept séances, la tumeur disparut et la guérison se maintient depuis quatre mois. — MM. **A. Poncet** et **L. Thevenot** ont établi une statistique des cas d'actinomycose observés en France et à l'Etranger depuis cinq ans. Cette maladie paraît très répandue en France, en Russie, dans l'Amérique du Nord, en Allemagne et en Autriche, beaucoup moins en Suisse. La fréquence de l'actinomycose paraît être en rapport avec la misère et le manque d'hygiène des paysans. — M. **Delacour** lit un mémoire sur les prédispositions à l'appendicite.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Juin 1903.

M. **L. Maillard** a reconnu que l'extrait chloroformique de l'urine, soigneusement lavé, est constitué exclusivement par trois couleurs: un bleu, l'indigotine, un rouge, l'indirubine, et un brun, qui dérive de l'indoxyle. — M. **Ribadeau-Dumas** a observé que l'injection d'eau distillée détermine, chez le lapin, une diminution de l'hémoglobine, du nombre des hématies et une leucocytose qui est une mononucléose. — MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey**: Saccharification des mannanes du Corozo par la séminase de luzerne (voir p. 732). — MM. **E. Thiercelin** et **L. Jouhau** dont imposé à volonté à l'entérocoque divers aspects microbiens: streptococcique, tétraédrique, staphylococcique et bacillaire. Ces variétés d'aspect sont dues à la préférence de l'entérocoque, mis dans des conditions spéciales, pour tel ou tel de ses modes de reproduction. — M. **G. Loisel** indique ses recherches sur la technique microchimique comparative de la lécithine et des graisses neutres. — M. **Ch. Richet** a préparé à l'état cristallisé la thalassine, toxine pruritogène des tentacules des Actinies; elle fond à 200° en se décomposant et donnant en vase clos des carbylamines et de l'ammoniaque. — MM. **G. Constensoux** et **A. Zimmern** ont observé que le nombre des excitations nécessaires pour la tétanisation d'un muscle paraît varier avec l'état du tonus de ce muscle, ce nombre augmentant quand le tonus diminue, s'abaissant quand le tonus augmente. — MM. **J.-E. Abelous** et **Aloy** ont trouvé dans l'œuf de poule un ferment soluble réduisant les nitrates; la quantité augmente avec la durée de l'incubation de l'œuf. — M. **H. Cristiani** a constaté que les greffes de tissu thyroïdien, dès que leur réorganisation est suffisante, peuvent résister à des lésions graves, telles que des inflammations et des abcès, sans que leur vitalité en soit compromise.

Séance du 13 Juin 1903.

M. **Hanriot** estime que les dernières recherches de MM. Doyon et Morel relatives à l'action du sérum sur divers éthers confirment l'existence de la lipase. — M. **H. Cristiani** signale de nouvelles expériences montrant la résistance des greffes reconstituées aux infections et la défaillance des greffes récentes. Les greffes reconstituées résistent aussi aux substances nécrosantes et à l'influence irritante de l'essence de térébentine. — M. **F.-J. Bosc** a observé que la syphilis en activité se caractérise surtout par une mononucléose qualitative d'une forme spéciale due à l'augmentation, par rapport au chiffre global, des mononucléaires et à la fusion des grands lymphocytes, des moyens et des grands mononucléaires. — MM. **Remlinger** et **Riffat-Bey** ont reconnu que le virus rabique n'est pas arrêté par toutes les bougies filtrantes, ainsi que cela était admis jusqu'à présent, mais qu'il est susceptible de traverser le Berkefeld V. — MM. **A. Bach** et **F. Battelli** étendent aux graisses et aux substances protéiques leur théorie de la dégradation des hydrates de carbone, qui aurait lieu par dédoublements hydrolytiques et oxydations alternatifs. — M. **R. Blanchard** a fait diverses expériences sur des marmottes en hibernation placées dans une chambre refroidie à — 3°. La marmotte, aussi bien à l'état de sommeil qu'à l'état de veille, est plus résistante que le lapin au sérum d'anguille; la marmotte en hibernation est très sensible au venin de cobra ; sa résistance ne diffère pas notablement de celle du lapin et de la marmotte à l'état de veille. — M. **A. Werner** et Mme **S. Ismaïlova** ont observé que la substance agglutinante du sérum typhique est très analogue, comme nature chimique, à certains composés organiques du fer (glycérophosphates). — MM. **A. Robin** et **du Pasquier** ont constaté, dans la tuberculose pulmonaire chronique, une sorte de cycle gastrique, allant de l'excitation jusqu'à l'abolition de la fonction. — MM. **P. Marie** et **G. Guillain** ont reconnu que les lésions hémisphériques et protubérantielles bilatérales sont très fréquentes chez les hémiplégiques; ce sont elles qui tiennent sous leur dépendance au point de vue clinique les troubles du côté sain. — MM. **A. Zimmern** et **G. Dimier** ont produit expérimentalement le coma épileptique par les courants de Leduc. — M. **L. Vaillant** a constaté que les jeunes anguilles, au cours de leur développement, s'appauvrissent graduellement en matières grasses, jusqu'à ce qu'elles les récupèrent par ingestion d'aliments extérieurs. — MM. **E. Thiercelin** et **L. Jouhaud** ont observé que l'entérocoque se caractérise par sa longévité, sa résistance aux antiseptiques et sa grande sobriété. — M. et Mme **L. Lapicque**: Expression nouvelle de la loi d'excitation électrique (voir p. 733).

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 2 Juin 1903.

M. **Ch. Pérez** a découvert, sur les embryons de Daphnies, un nouvel organisme parasite qu'il désigne sous le nom de *Blastulidium paedophthorum*. — Le même auteur a observé chez le Triton, sous l'influence du jeune, une résorption phagocytaire des ovules par les cellules folliculaires. — M. **R. Cruchet** a observé, chez un enfant atteint de tumeur cérébrale, la dissociation du phénomène des orteils, caractérisée par l'extension brusque du gros orteil et la flexion des quatre autres orteils sous l'influence du chatouillement de la plante du pied. — MM. **E. Béneoh** et **L. Guyot** ont étudié l'action du liquide gastrique sur la monobutyrine. La limite de décomposition est atteinte au bout de deux heures; une température de 45° arrête l'action. La lipase gastrique est très sensible à l'action des alca-

lis; son action est favorisée par la présence d'une certaine quantité d'HCl libre.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 9 Juin 1903.

M. L. **Senoert** a étudié les voies d'accès de l'œsophage thoracique. — M. P. **Ancel** a observé l'existence de culs-de-sac pleuraux rétro-œsophagiens. — M. L. **Garnier** signale quatre cas d'intoxication par l'oxyde de carbone, dans deux desquels l'oxyde de carbone n'a pu être retrouvé dans le sang. Dans ces deux cas, la mort a résulté d'une paralysie réflexe du cœur et du poumon. — MM. P. et M. **Bouin** ont constaté, au cours de la mitose des spermatocytes de second ordre du *Geophilus linearis*, trois formations fusoriales successives: un fuseau primaire, transitoire et d'origine cytoplasmique; un fuseau secondaire, véritable fuseau caryodiérétique, d'origine nucléaire; un fuseau de séparation. — M. P. **Bouin** a observé l'utilisation de spermatocytes en dégénérescence comme matériel alimentaire pendant la spermatogénèse. — M. **Aug. Charpentier** est parvenu à produire des interférences et des oscillations dans le nerf par l'excitation bipolaire.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 Juin 1903.

M. **Gustave Richard** attire l'attention sur le principal avantage de l'application de la commande par dynamos aux machines-outils, qui est de rendre ces machines complètement indépendantes les unes des autres et de toute transmission, de sorte qu'elles sont, à tout instant, mobilisables suivant les besoins des travaux actuels de l'atelier, et que cet atelier même peut se développer avec la plus grande souplesse, sans avoir à tenir compte des installations existantes. A côté de cet avantage capital, la commande électrique possède celui d'une certaine économie de combustible, due à ce que chacune des machines-outils ainsi commandées ne dépense d'énergie que proportionnellement à son travail utile, la machine motrice étant débarrassée du traînage des transmissions, qui absorbe une puissance indépendante du nombre des machines réellement en travail; en outre, l'atelier, débarrassé de ces transmissions, est beaucoup plus clair, confortable et moins dangereux; enfin, le mécanisme même des machines-outils commandées électriquement peut souvent être notablement simplifié par l'emploi de dynamos réversibles et à vitesse graduable ou par l'installation, sur une même grande machine, de plusieurs dynamos, commandant divers mécanismes qu'il fallait autrefois relier à l'arbre de commande principal par des renvois compliqués et délicats. — M. J.-H. Poynting a étendu les idées de Faraday et de Maxwell sur les tubes de force au cas des systèmes qui ne sont pas en équilibre. M. **de Nicolaïève** a mis en évidence, expérimentalement, les tubes de force qui, d'après cette théorie, coïncident avec les lignes de courant dans les liquides conducteurs. En forçant le courant à suivre certains chemins, par l'interposition de lames isolantes immergées dans le liquide, on observe des mouvements des électrodes mobiles (feuilles de papier d'étain) en contradiction avec le mouvement qu'elles prendraient dans un champ électrostatique ordinaire. Les principales expériences répétées devant la Société sont les suivantes : Deux électrodes plongées dans l'eau distillée sont séparées par une lame de verre dont le courant fait le tour. Les électrodes tendent à se réunir en suivant les lignes du courant. Au début de leur déplacement, elles se meuvent dans des directions parallèles et de même sens. Un autre dispositif est tel qu'elles commencent par s'éloigner l'une de l'autre pour finir toujours par se rapprocher. En rendant mobile la paroi qui les sépare, celle-ci se met en mouvement en présence des électrodes fixes, comme elle le ferait sous l'influence de fils élastiques tendus suivant les lignes de courant. Quand les électrodes sont voisines de la paroi du vase, la dissymétrie des lignes de courant provoque la répulsion des électrodes et de la paroi. Suivant les dispositifs, on observe le déplacement des électrodes ou celui de la paroi mobile. Dans ces expériences, les électrodes étaient chargées par un transformateur à 20.000 volts dont le primaire était en relation avec le secteur. — M. **G. Sagnac** communique quelques remarques sur la *longueur d'onde des rayons N* découverts par M. Blondlot dans les radiations issues d'un corps incandescent (bec Auer, lame métallique), transmises par une feuille d'aluminium, par l'air et par une lentille de quartz, et enregistrées par leur action sur une petite étincelle. Ces rayons nouveaux se réfractent dans la lentille de quartz suivant la loi des foyers conjugués et d'après l'indice de réfraction $N=2,93$[1]. L'existence de trois radiations N supplémentaires a été admise par M. Blondlot d'après ce fait que l'image principale F, qui définit l'indice N, est toujours accompagnée, le long de l'axe de la lentille, de trois images F_1, F_2, F_3 ou plutôt de trois maxima d'intensités plus faibles que le maximum F. M. Sagnac regarde ces trois maxima non pas comme des images focales ordinaires, mais comme des maxima d'intensité dus à la diffraction d'une radiation unique d'indice N. Leurs positions sont définies par les lois de la diffraction des vibrations sur l'axe d'une ouverture circulaire, lois précisées et développées par M. Sagnac dans la précédente séance de la Société. Les lois de la propagation anomale des vibrations (changement de signe à la traversée d'un foyer, découvert par M. Gouy, et lois plus générales établies par M. Sagnac) résultaient de l'étude de la phase le long de l'axe. Les positions des maxima F_1, F_2, F_3 résultent de l'étude de l'amplitude le long de l'axe. M. Sagnac montre très simplement que, si s est le demi-diamètre de la lentille et K la somme des inverses de ses deux rayons de courbure, les indices de réfraction n_1, n_2, n_3 calculés par M. Blondlot dans l'hypothèse de trois radiations supplémentaires doivent, si l'hypothèse d'une diffraction de la radiation d'indice N (longueur d'onde λ) est exacte, satisfaire à des relations qui se réduisent, avec une approximation suffisante ici, à :

$$\frac{N-n_1}{3}=\frac{N-n_2}{5}=\frac{N-n_3}{7}=\frac{\lambda}{Ks^2}.$$

(La théorie classique conduirait à des relations de même type où les dénominateurs correspondant à 3, à 5 et à 7 seraient respectivement 1, 3 et 5.) D'après les valeurs $n_1=2,62$; $n_2=2,436$; $n_3=2,29$, trouvées par M. Blondlot, les valeurs des trois premiers rapports sont : 0,103; 0,099 et 0,091, dont les différences s'interprètent suffisamment bien par les erreurs possibles des déterminations des positions des maxima supplémentaires, d'autant plus que M. Blondlot ne s'inquiétait pas des variations possibles de la valeur de Ks^2 d'une expérience à une autre. Les lois de la diffraction sont donc satisfaites. On peut dire : les quatre radiations de M. Blondlot se réduisent à une seule radiation d'indice 2,93 dans le quartz, que l'ouverture circulaire de la lentille a diffractée le long de l'axe de la lentille de quartz. La longueur d'onde de cette radiation unique est définie par les positions des maxima de diffraction qui accompagnent l'image focale. On aurait alors $\lambda=0^{mm},2$, longueur d'onde située à environ deux octaves au delà des plus longues ondes calorifiques ($0^{mm},06$) découvertes par M. Rubens. Ce résultat est en accord qualitatif avec la prévision faite par M. Blondlot (*Comptes rendus*, 18 mai). M. Sagnac ajoute que sa théorie exige que M. Blondlot puisse observer, en outre, si aucune circonstance accessoire ne s'y oppose, des maxima ou fausses images focales antérieures au foyer principal et correspondant à des indices apparents encore plus grands que l'indice vrai N. M. H. Poincaré croit savoir que M. Blondlot a justement

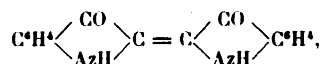
[1] Blondlot : *Comptes rendus*, 1903, p. 1120.

observé ces maxima antérieurs au foyer prévus par la théorie de M. Sagnac. Il ajoute que la simplicité des radiations N peut tenir à ce que le quartz absorbe complètement les radiations de longueurs d'onde supérieures ou inférieures à la longueur d'onde λ. — M. André Broca fait la communication suivante au nom de M. **D. Hurmuzescu** : En étudiant les variations de résistance des cohéreurs en fonction du temps pendant lequel agissent les ondes électriques, on constate l'existence d'un *minimum*. Si l'équilibre stable correspond à une valeur voisine de ce minimum, on a affaire à un *cohéreur ordinaire*. Si, au contraire, l'équilibre est instable, le cohéreur peut se décohérer spontanément (*autodécohéreur*) ou par une action ultérieure des ondes (*antidécohéreur*). Les expériences présentent ces différents cas. Ce maximum est donc important à considérer, puisqu'il permet d'expliquer des phénomènes qui paraissent au premier abord contradictoires. Suivant le degré de propreté, un même système présente la totalité ou une partie seulement de ces différentes phases. Un cas intéressant est celui du manganèse et du tellure. Avec ces deux métaux, on obtient d'abord une diminution, puis une augmentation de résistance de leurs poudres métalliques, quand on les soumet à l'action des ondes. M. Hurmuzescu propose l'explication suivante : l'action de l'onde produit entre les grains métalliques des étincelles qui déterminent leur soudure (cohéreur proprement dit), ou des effluves qui oxydent les grains et augmentent la résistance des chaînes métalliques (antidécohéreur). Quand le métal n'est pas dans une atmosphère oxydante et que la cohésion n'est pas déterminée par soudure, les effluves cessent en même temps que les ondes, et la résistance augmente (cohéreurs autodécohérables).

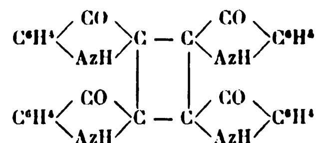
SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 12 Juin 1903.

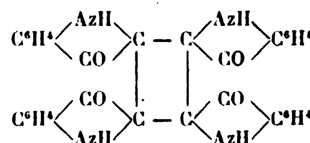
M. **Hanriot** a étudié diverses formes décrites comme de l'argent colloïdal. Il montre qu'il s'agit en réalité d'espèces chimiques distinctes, mais ayant comme caractère commun de renfermer de l'argent et de l'hydrogène unis avec un noyau qui peut être de l'albumine, de la silice, de l'oxyde de fer. Ces noyaux ne peuvent être séparés de la molécule sans que celle-ci perde ses propriétés. — M. **Nicolardot** propose une explication de l'action du broyage sur l'argent colloïdal. L'étude d'autres colloïdes (corps de MM. Béchamp, Péan de Saint-Gilles) lui a montré que l'eau agit d'une manière très différente sur l'un quelconque de ces corps, suivant qu'il a été ou non broyé. Le broyage multiplie les surfaces, accélère l'action des divers agents; par suite, l'eau enlèvera plus vite de l'acide chlorhydrique à l'un de ces colloïdes broyés qu'au même corps non broyé. Dans le cas de l'argent colloïdal, l'insolubilité peut résulter de deux causes : 1° l'action de l'acide carbonique de l'air est devenue plus rapide; 2° le broyage agit neuf fois plus sur l'argent (Ag : 90 °/₀) et, par suite, l'ammoniaque dissout le citrate de fer seul, laissant la presque totalité de l'argent à l'état métallique, le citrate de fer constituant, d'après M. Hanriot, le support de l'argent colloïdal. — MM. **Baubigny** et **Chavanne** présentent une nouvelle méthode de dosage des halogènes dans les composés organiques, permettant de doser séparément l'iode d'une part, le chlore et le brome d'autre part, dans ces composés. — M. **A. Granger** étudie l'action de l'arsenic sur le cuivre métallique; il décrit un arséniure Cu^5As^2, obtenu en chauffant le cuivre dans la vapeur d'arsenic de la bouteille à soufre. Le cuivre donne avec le phosphore un phosphure correspondant Cu^5P^2, mais l'arsenic ne semble pas donner de composés tels que CuP^2, Cu^2P^2. — MM. **Leidié** et **Quennessen** ont appliqué les résultats de leurs travaux antérieurs à l'analyse des osmiures d'iridium. Ils attaquent l'osmiure finement divisé en le chauffant avec du bioxyde de sodium et traitent le produit de la réaction par de l'eau. Dans la solution, ils font passer un courant de chlore, qui donne lieu à la formation de peroxydes OsO^4 et RuO^4 qui sont recueillis. On transforme RuO^4 en Ru^2Cl^6 par HCl chaud et on distille la solution. OsO^4 non transformé se volatilise et est recueilli dans de la soude alcoolisée qui le change en osmiate; celui-ci, traité par des lames d'aluminium, laisse déposer de l'osmium métallique; le sesquichlorure Ru^2Cl^6 reste dans la cornue; on en précipite le ruthénium par du magnésium. Quant à l'iridium, il se trouve en partie dans le résidu de la première distillation, en partie dans le résidu insoluble dans l'eau; on dissout ce dernier dans l'acide chlorhydrique chaud; on réunit les liqueurs iridifères et on les prive de métaux étrangers par la méthode générale des azotites de E. Leidié. L'azotite double d'iridium est transformé en chloroiridate par l'acide chlorhydrique; on en précipite Ir par le magnésium. Les métaux ainsi précipités sont recueillis avec des précautions spéciales, chauffés dans l'hydrogène et ensuite pesés. — M. **Bouveault**, au nom de M. **Wahl** et au sien, rend compte de leurs recherches sur les nitrosomalonates de méthyle et d'éthyle. Ces produits, qu'on prétend avoir obtenus dans l'action de l'acide nitreux sur les éthers correspondants, ne répondent nullement au signalement qu'on en a donné. On les obtient, à l'état de sels de sodium, en faisant passer un courant de nitrite de méthyle dans une solution d'un des deux éthers dissous dans l'alcoolate de sodium correspondant. Ces sels de sodium sont stables en solution aqueuse, d'où ils se déposent très bien cristallisés. Le nitrosomalonate de méthyle sodé a pour formule : $(CH^3.CO^2)^2$ C : Az.ONa; le nitrosomalonate d'éthyle sodé : $(C^2H^5CO^2)^2$: C : AzONa + $(C^2H^5CO^2)^2$: C : AzOH. Les deux nouveaux éthers distillent sans décomposition dans le vide, l'éther méthylique à 168° sous 16 millimètres, l'éther éthylique à 172° sous 12 millimètres. Le premier se prend en une masse cristalline fondant à 55-56°; il est insoluble dans l'eau. Ces deux éthers réagissent à la température ordinaire sur le peroxyde d'azote liquide en donnant un mélange de l'éther mésoxalique et de l'éther nitromalonique correspondant. — M. **Bouveault**, au nom de M. **Vigreux**, présente un tube de sûreté et un flacon laveur en verre soufflé, pouvant fonctionner dans les deux sens, sans que jamais les liquides y contenus puissent faire retour dans l'appareil générateur. — M. **L. Maillard** expose ses idées sur la constitution des matières colorantes de l'indigo. Il résulte, aussi bien des mesures cryoscopiques de W. Vaubel que des recherches de M. L. Maillard sur les circonstances de l'oxydation de l'indoxyle, que l'indigotine et l'indirubine ont la grandeur moléculaire $C^{16}H^{10}Az^2O^2$. Deux molécules d'indoxyle libéré de ses éthers s'oxydent *directement* pour former une molécule d'*hémi-indigotine* :



corps instable, de couleur bleue. Deux molécules d'hémi-indigotine s'unissent ensuite en s'orientant de deux manières différentes : si le milieu est alcalin, la forme stable prépondérante est l'*indigotine* :



si le milieu est acide, la forme stable prépondérante est l'*indirubine* :



SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Sciences physiques.

Oliver Lodge : Une nouvelle forme de cohéreur à restauration automatique. — Le cohéreur que le Dr Muirhead et l'auteur ont employé dans leurs recherches sur la télégraphie sans fil consiste dans une modification de la forme à mercure de cohéreur, décrite il y a quelques années par Lord Rayleigh, et aussi d'une manière différente par M. Rollo Appleyard. La forme de Rayleigh consistait en un bain de mercure coupé avec un couteau de paraffine, et dont les deux moitiés étaient réunies à une batterie et à un commutateur. Aussitôt que le commutateur était abaissé, de façon à lancer quelques volts sur la membrane huileuse intermédiaire qui se forme après le retrait du couteau de paraffine, la pression électrostatique semblait faire sortir l'huile et les deux bains de mercure n'en formaient plus qu'un seul.

On a essayé d'employer comme cohéreur pratique des pointes d'aiguilles plongeant dans de l'huile et du mercure, les pointes étant retirées électromagnétiquement à l'arrivée de chaque signal. On a aussi employé des formes de contact tournant pour la décohérence automatique, et finalement l'appareil a pris la forme d'une roue d'acier tournante, au bord tranchant, d'environ deux centimètres de diamètre, en contact constant avec un bain ou une colonne de mercure recouvert d'une mince couche d'huile.

Aucun contact effectif ne se produit entre la roue et le mercure, malgré l'immersion, à cause de la pellicule d'huile qui se forme sur le bord de la roue; mais la plus légère différence de potentiel (même inférieure à un volt) produite entre le mercure et la roue est suffisante pour rompre la membrane et compléter un circuit, qui, toutefois, sera rompu de nouveau instantanément par la rotation de la roue.

L'étincelle est si rapide que la roue paraît pendant cet instant stationnaire, et cependant la décohérence est si prompte que les signaux peuvent être reçus très rapidement. Le caractère défini des surfaces et de la couche intermédiaire rend l'instrument remarquablement exact, et la finesse de la pellicule isolante le rend très sensible. En fait, on ne peut même pas employer une pile de batterie comme détecteur, parce que son voltage est trop élevé pour que la membrane se maintienne. On emploie une fraction de volt au moyen d'un potentiomètre, en général 1/10 de volt.

La batterie agit directement à travers le cohéreur sur un enregistreur à faible résistance; l'enregistrement sur la bande indique tous les caractères des ondes qui arrivent, et montre tout défaut dans le signalement.

Pourvu que chaque joint et contact, excepté celui qui doit être recouvert d'une pellicule, soit tout à fait bon, le cohéreur sous cette forme est si précis et si satisfaisant que les seuls défauts extérieurs sont ceux qui proviennent du poste d'émission.

Les signaux sont saisis et enregistrés exactement comme ils sont émis, ainsi qu'on l'a prouvé en intercalant un enregistreur à siphon dans un circuit situé au poste transmetteur, de façon à obtenir un enregistrement servant à la comparaison. Les tracés obtenus aux deux extrémités sont identiques à un degré surprenant.

Le niveau du mercure se règle facilement. Une précaution à prendre est de conserver la jante de la roue sans poussière, ce qui se fait au moyen d'un tampon en liège ou en cuir maintenu légèrement contre elle au moyen d'un ressort. L'instrument n'est pas du tout sensible aux vibrations et ne demande aucune délicatesse particulière d'ajustement. La roue doit être positive et le mercure négatif.

Un téléphone en circuit, à travers un transformateur ou autrement, permet de percevoir facilement les signaux par l'oreille.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

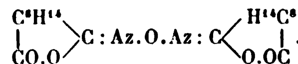
Séance du 22 Mai 1903.

M. J. **Stöttner** présente quelques modèles de lampes Nernst et fait l'historique du développement de ces lampes. — M. T. H. **Blakesley** communique un diagramme représentant les propriétés des lentilles d'une seule pièce. — M. J. **Morrow** décrit un instrument pour la mesure de la contraction latérale des barreaux et la détermination du coefficient de Poisson. Il se compose de deux leviers ayant le même pivot; une extrémité de chaque levier touche les extrémités opposées d'un diamètre de la pièce à essayer. Le déplacement relatif des autres extrémités est mesuré optiquement au moyen de deux miroirs, dont le premier est fixé à l'un des leviers et le second repose par deux pointes sur ce levier et par une pointe sur l'autre. Il se forme ainsi deux images, dont le mouvement relatif mesure la variation de diamètre ou d'épaisseur de l'échantillon, grossie 2.800 fois. Si α est l'allongement longitudinal produit par l'unité de tension et β la contraction latérale, le coefficient de Poisson $\sigma = \beta/\alpha$. L'auteur a trouvé les valeurs suivantes de σ; pour l'acier doux, 0,275; pour l'acier de Sheffield, 0,276; le fer forgé, 0,277; le métal Muntz, 0,341; le cuivre étiré, 0,327. Pour le fer fondu, deux séries d'expériences ont été faites avec des échantillons soumis à des charges; la première série a donné une moyenne de 0,246, la seconde de 0,252.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 4 Juin 1903.

M. T. M. **Lowry**, en chauffant le nitrocamphre avec HCl concentré, a obtenu son isomère, la camphoryloxime, et un anhydride de cette dernière :



F. 220°, $[\alpha]_D = +26°$ dans l'acétone. — Le même auteur montre que, quoique la mutarotation du glucose soit accélérée par les bases et les acides, elle ne dépend pas de la présence de ces impuretés; l'eau seule est probablement suffisante pour causer la variation si une légère impureté la transforme en électrolyte. — M. T. M. **Lowry** propose d'employer la solubilité pour l'étude de la transformation d'isomères dynamiques non optiquement actifs. Si l'isomère le moins soluble est mis en contact avec le solvant, la solubilité augmente graduellement jusqu'à ce que la phase liquide contienne une proportion normale des deux formes. Si c'est l'isomère le plus soluble qui est dissous, la solubilité augmente jusqu'à ce que le liquide soit saturé des deux formes, puis, la transformation isomérique s'opérant, la modification la plus soluble continue à se dissoudre, tandis que la forme moins soluble se dépose; finalement, quand tout le corps le plus soluble est dissous, la solubilité diminue jusqu'à une valeur constante identique à celle du premier cas. — M. G. T. **Moody** repousse l'explication de M. Dunstan qui attribue la rouille à l'action du peroxyde d'hydrogène sur le fer; pour lui, l'acide carbonique intervient toujours. La prévention de la rouille par les solutions de bichromate de potasse ou de nitrite de soude vient de ce que ces substances n'absorbent presque pas l'acide carbonique. CO^2 en présence de l'eau agit sur le fer en donnant de l'hydrogène et du bicarbonate ferreux, qui est décomposé par l'oxygène de l'air en carbonate ferreux et oxyde ferrique. — MM. G. D. **Lander** et T. F. **Jewson** ont cherché à préparer les imino-éthers des amides benzénoïdes *o*-substituées par l'action des iodures d'alkyle et de l'oxyde d'argent en solution alcoolique bouillante; le principal produit est un nitrile, l'imino-éther n'étant produit qu'en faible quantité. En solution

éthérée, le rendement en imino-éther est meilleur, mais il se produit toujours le nitrile. — M. **H. D. Dakin**, en hydrolysant incomplètement le mandélate d'éthyle par la lipase, a obtenu de l'acide mandélique fortement dextrogyre, tandis que l'éther non transformé était devenu lévogyre. — M. **K. J. P. Orton** étudie les conditions qui influent sur le remplacement des halogènes par des hydroxyles dans les hydrates de benzène-diazonium. Quand un groupe nitro est en position méta relativement au groupe diazoïque, le remplacement d'un atome de Br en ortho ou para par un hydroxyle a lieu très facilement. — M. **W. H. Perkin jun.** et Mlle **A. F. Smith**, en faisant réagir Na sur un mélange de diméthylmalonate et d'acétate d'éthyle, ont obtenu un corps qui, traité par CH^3I, fournit l'$\alpha\alpha\gamma$-triméthylacétonedicarboxylate d'éthyle. Cet éther, réduit par l'amalgame de sodium, donne un mélange des modifications *cis* et *trans* de l'acide β-hydroxy-$\alpha\alpha\gamma$-triméthylglutarique, fondant respectivement à 115° et à 155°. Toutes deux, digérées avec HI fumant, sont transformées en acide trans-$\alpha\alpha\gamma$-triméthylglutaconique, F. 150°, qui est réduit par le sodium et l'alcool en acide $\alpha\alpha\gamma$-triméthylglutarique $CO^2H.C(CH^3)^2.CH^2.CH(CH^3).CO^2H$, F. 98°. — MM. **T. W. D. Gregory** et **W. H. Perkin jun.**, en faisant réagir le dérivé bibromé du propanetétracarboxylate d'éthyle sur le dérivé disodé du même éther, ont obtenu l'hexaméthylèneoctocarboxylate d'éthyle, F. 46°, donnant par hydrolyse l'acide hexaméthylèneoctocarboxylique. Ce dernier se décompose à 218° en fournissant les deux modifications cis et trans de l'acide hexaméthylènetétracarboxylique, fondant respectivement à 140° et à 175°. — MM. **F. C. Garrett** et **J. A. Smythe** ont retiré de l'huile de schiste écossaise, par distillation fractionnée, la 2:3-diméthylpyridine, Eb. 163°-164°, et la 4:4:6-triméthylpyridine, Eb. 171°. — M. **J. C. Brown** a déterminé la chaleur latente d'évaporation d'un grand nombre d'alcools, d'acides et d'éthers par une méthode directe, consistant à mesurer le poids de liquide évaporé par une quantité déterminée de chaleur appliquée au point d'ébullition de la substance, entourée d'un double manchon contenant sa propre vapeur. — M. **F. S. Kipping** a isolé et caractérisé quatre sels isomères de l'acide *d*-chlorocamphosulfonique avec l'hydrindamine. Il en déduit certaines considérations sur l'isomérie des sels du type $AzR_1R_2H^2$.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 28 Avril 1903.

M. **T.-L. Patterson** communique ses recherches sur le noir animal, produit final de la distillation des os. Il doit ses principales propriétés aux matières organiques solubles dans les acides qu'il renferme. Celles-ci absorbent les couleurs; elles diminuent par l'usage et la régénération jusqu'à ce qu'il n'en reste que des traces. D'après une théorie, ces substances, qui sont moins carbonisées que la matière charbonneuse insoluble, forment dans le noir animal une sorte de réserve, aux dépens de laquelle une nouvelle couche de matière charbonneuse très active se dépose chaque fois que le noir est revivifié par une faible chaleur rouge. Aussi longtemps que le noir retient une partie de ces substances organiques, il reste actif et décolorant; quand elles sont entièrement brûlées, le noir devient inutilisable. D'après une autre théorie, ces substances seraient graduellement dissoutes par les grandes masses de liquides qui traversent le noir animal. On sait, en effet, qu'en sucrerie, les sirops décolorés par le noir animal se colorent en jaune par chauffage, couleur qui se concentre dans les bas produits de raffinerie. Les solutions acides des substances organiques du noir animal possèdent aussi cette couleur jaune ou la prennent par chauffage. Il est actuellement difficile de décider entre ces deux théories.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 1er Mai 1903.

M. **A.-G. Perkin** communique des recherches sur les matières colorantes phénoliques naturelles. Il les divise en plusieurs groupes : 1° Groupe de l'anthraquinone (alizarine, purpurine, etc.); 2° groupe de la naphtoquinone (lapachol, etc.); 3° groupe de l'indène (acide carminique, etc.); 4° groupe de la benzophénone (maclurine); 5° groupe de la xanthone (euxanthone); 6° groupe de la flavone (chrysine, apigénine, lutéoline, quercétine, etc.); 7° groupe des glucosides (apiine, fustine, quercitrine, etc.); 8° groupe des alcaloïdes (berbérine); 9° groupe de la coumarine (daphnétine); 10° colorants de constitution inconnue (curcumine, butéine, catéchine, etc.). Dans ces divers groupes, plusieurs matières colorantes existent dans la plante à l'état de glucosides. Pour les substances du groupe de la flavone, le caractère colorant est dû aux hydroxyles et à leur position dans les noyaux; l'auteur développe la théorie d'après laquelle les propriétés colorantes sont en raison de la tendance des substances à prendre la forme quinonoïde.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 30 Mars 1903.

MM. **W.-N. Gardner**, **B. North** et **A.-N. Naylor** communiquent leurs recherches sur l'étalonnement des solutions de permanganate de potasse et leur emploi dans l'analyse volumétrique du fer. On peut obtenir de bonnes solutions de ce corps en partant du sel pur; l'étalonnement peut se faire avec une grande exactitude au moyen d'oxalate d'ammonium, d'acide oxalique ou de sulfate ferreux ammoniacal granuleux purs. Pour déterminer le fer dans un échantillon commercial de fer métallique, il est préférable d'établir le titre du permanganate avec un fil de fer à condition d'enlever le graphite présent par filtration avant la titration. Dans la réduction des sels ferriques par le zinc, il est très important d'employer du zinc pur, l'emploi du zinc ordinaire introduisant de graves erreurs. Il est nécessaire d'enlever le carbone graphitique avant la titration d'une solution de fer par le permanganate.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 14 Mai 1903.

M. **Warburg** rend compte des recherches qu'il vient d'exécuter en collaboration avec M. **A. W. Gray** sur l'ozonisation de l'oxygène sous l'action des décharges électriques obscures. Dans l'intervalle de 9.000 à 12.000 volts de tension, la quantité d'ozone produite par coulomb a été trouvée indépendante de la tension; les mesures, exécutées dans un ozonisateur système Siemens, ont donné une moyenne de 0 gr. 26 dans un oxygène bien sec à 92 %. — M. **M. Planck** communique une note sur l'optique des métaux et la théorie de Maxwell; il discute le mémoire de M. **E. Cohn** relatif au même sujet et dont nous avons rendu compte (p. 583). Tout en reconnaissant la haute notoriété de M. Cohn, l'auteur s'inscrit en faux contre l'assertion de ce dernier que les équations de M. **Planck** ne résumeraient point la théorie de Maxwell. L'auteur est d'avis qu'une constante diélectrique spéciale, indépendante de la période, n'existe pas plus dans le cas des métaux que dans celui des corps non conducteurs, pour lesquels, on le sait, la constante dite diélectrique ne prend une signification bien définie que dans le cas des vibrations assez lentes ou des états d'équilibre. Il croit probable qu'il en est de même de la perméabilité magnétique des métaux.

Séance du 28 Mai 1903.

MM. **Fr. Kutscher** et **G. Zickgraf** ont étudié la formation de la guanidine dans l'oxydation de la colle par les permanganates. Comme, dans l'économie ani-

male, les processus d'oxydation occupent une place prépondérante, on admet depuis longtemps que la conversion dans les corps animaux de l'albumine en urée se réduit à son tour et essentiellement à des oxydations. En se basant sur cette hypothèse, on a cherché à imiter dans l'éprouvette des chimistes les processus qui se passent dans le corps animal. C'est en vue de faire le départ des données quelque peu contradictoires de nombreux expérimentateurs, que les auteurs ont essayé de vérifier s'il était possible de préparer de la guanidine en oxydant l'albumine ou les albuminoïdes au moyen d'un permanganate, comme le ferait supposer le travail de M. Lossen. Les expériences entreprises à cet effet, tout en confirmant d'une façon éclatante les données de ce savant, font voir à l'évidence (d'accord avec les résultats obtenus dans l'hydrolyse des corps albuminoïdes) que la molécule de l'albumine est produite par l'accouplement de certains petits groupes atomiques essentiellement connus. En soumettant les corps albuminoïdaux à un dédoublement hydrolytique énergique sous l'action d'un acide, on les voit se décomposer, comme on sait, en un certain nombre de corps simples (tels que les bases hexoniques, la leucine, la tyrosine, la cystine, etc.), lesquels constituent, sans aucun doute, les composants préformés de la molécule de l'albumine. En employant, dans ce dédoublement de l'albumine, non pas des agents hydrolytiques, mais des permanganates, on obtient des produits d'oxydation correspondant aux produits du dédoublement hydrolytique, parmi lesquels il y en aura sans doute beaucoup d'inconnus et dont l'étude promet d'enrichir tout particulièrement la chimie des albuminoïdes.

ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 9 Mai 1903.

M. G. Dorn adresse une communication sur la manière d'éviter les influences électrostatiques dans les pesées. En dehors des forces électrostatiques provenant d'un frottement accidentel, l'auteur croit possible que des charges considérables soient transmises du corps de l'expérimentateur aux différentes parties de la balance ou aux substances à peser elles-mêmes. Comme, d'autre part, les substances radio-actives donnent lieu à la déperdition des charges électrostatiques, M. Dorn conseille d'utiliser ce fait en vue d'éliminer ces sources d'erreurs si difficiles à contrôler, et d'employer à cet effet les matières contenant du radium, de préférence à toutes les autres. L'auteur recommande d'exposer à l'air libre et à proximité de la balance un vase plat rempli de la substance active mélangée d'une solution de sucre concentrée. En raison, cependant, des effets secondaires de l'émanation de radium, ainsi que des petites quantités de chlore ou de brome dégagées, il sera préférable, dans les cas où une extrême précision est de rigueur, d'enfermer la substance dans des tubes de verre qu'on scellera à la lampe. Citons enfin les résultats de quelques mesures faites par M. Dorn : Un tube de verre frotté a donné, par rapport à l'état non électrique, des excédants de poids de

0,22 0,25 0,23 0,20 mg

dans une série de pesées espacées de quelques minutes. Le radium étant introduit dans la cage de la balance, au contraire, le poids vrai a été instantanément retrouvé, à 0,01 milligramme près. — **M. A. Gleichen** a étudié la théorie des diaphragmes dans les systèmes optiques centrés à ouverture finie. Les déplacements du centre des diaphragmes ne sont représentés par une expression mathématique simple que dans les cas aussi simples que celui des lentilles plan-convexes. Pour les systèmes composés d'un grand nombre de lentilles, tels que la plupart de nos objectifs photographiques, l'auteur se borne à indiquer le centre du diaphragme « naturel », c'est-à-dire le point de rencontre des rayons à petite inclinaison.

Séance du 30 Mai 1903.

M. K. Prytz a établi, en collaboration avec **Mlle B. Trolle**, un nouveau procédé pour préparer des quantités considérables d'argon. On forme un circuit fermé de tubes, comprenant : 1° une ampoule à deux tubes disposés en regard l'un de l'autre; 2° un grand tube en acier rempli de limaille de magnésium (environ 130 grammes); 3° un petit tube contenant également de la limaille de magnésium; 4° une pompe à tuyau fonctionnant sans soupape et engendrant un courant continu. Des tubes absorbant la vapeur d'eau, l'acide carbonique et l'hydrogène sont également insérés; les tubes à magnésium se trouvent disposés dans des fours à combustion. Le circuit de tubes étant mis en communication avec l'air ambiant, au moyen d'un tube en acier renfermant du cuivre métallique et disposé à l'intérieur d'un des fourneaux, ce dernier tube et le grand tube à magnésium sont chauffés, en même temps que la pompe commence à fonctionner. C'est ainsi qu'on maintient le gaz remplissant l'ampoule et le tube à magnésium en circulation à travers le magnésium ardent; l'oxygène présent au commencement sera rapidement absorbé par le cuivre, et une absorption permanente d'azote s'établira au fur et à mesure que de nouvelles quantités d'air atmosphérique entreront. Comme l'oxygène de cet air est retenu par le tube en cuivre et que l'azote, mélangé d'argon, entrera dans le tube à magnésium ardent, où l'entraîne le courant gazeux, le gaz du circuit de tubes s'enrichira de plus en plus en argon. Pour éliminer les dernières traces d'azote, on interrompt la communication avec l'air ambiant, tout en maintenant la circulation de l'air renfermé par les tubes; c'est alors qu'on emploie le petit tube à magnésium, le grand tube étant vidé et mis hors du circuit gazeux. Avec les dimensions choisies par M. Prytz, il a été possible de traiter, en moins de huit heures, 50 litres d'air, en isolant un demi-litre d'argon.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 14 Mai 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. O. Stolz** : Sur un théorème de la Géométrie intégrale. — **M. F. A. Otto** : La solution du cas irréductible de la formule de Cardan.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. G. Tschermak** a cherché à préparer les acides dont les divers silicates dérivent. Pour cela, il a décomposé les silicates par HCl à la température ordinaire ou au-dessous de 76°; les acides séparés sont séchés dans une enceinte froide jusqu'à poids constant ou jusqu'à ce que la courbe des poids atteigne un point d'inflexion. De l'albite $Si^3O^8Al\,Na$, on a ainsi obtenu un acide albitique $Si^3O^7H^2$; l'anorthite $Si^2O^8Al^2Ca$ donne l'acide métasilicique SiO^3H^2; la labradorite fournit un acide $Si^3O^7H^2.2SiO^3H^2$. La leucite donne vraisemblablement un acide leucitique $Si^2O^6H^4$. La formule de l'anorthite paraît être OAl.O.SiO.O.Ca.O.SiO.O.AlO et celle de l'albite OAl.O.SiO.O.SiO.O.SiO:O.Na. — **M. J. Seegen**, en précipitant une décoction de foie avec l'alcool fort, a obtenu un corps azoté qui est transformé en sucre par les acides à chaud. — **M. H. Schwarz** a préparé la *Pr*-3-isopropylindolinone ; son éther lactamique est identique à la *Pr*-1-*n*-méthyl-3-isopropylindolinone, qu'on prépare aussi à partir du méthylphénylhydrazide de l'acide isopropylacétique.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. F. Kossmath** communique les observations géologiques faites au cours du percement du tunnel de Wocheiner. — **M. F. Becke** communique des observations analogues pour le tunnel de Tauern.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Mai 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. Pascal** commence l'envoi d'une série de Notes, dans lesquelles il se pro-

pose d'établir les fondements de la théorie des formes différentielles d'un ordre quelconque, pour arriver, entre autres, à la résolution du problème de Pfaff pour un ordre quelconque. — M. **Dall' Acqua** étudie le problème suivant : Dans quelles conditions une infinité de lignes (congruence) dans un espace à trois dimensions peut-elle être regardée comme constituée par les trajectoires dynamiques d'un point libre, sollicité par une force conservative. M. Dall' Acqua envisage trois cas particuliers : 1° les trajectoires du point sont géodésiques; dans ce cas, elles coïncident avec les lignes de force; 2° la vitesse est constante par rapport au mouvement; alors le point parcourt des géodésiques des surfaces équipotentielles; 3° ces trajectoires forment une congruence normale; alors toutes les congruences normales peuvent être parcourues par un point assujéti à des forces conservatives. — M. **Palatini** s'occupe de la représentation des formes ternaires au moyen de la somme de puissances des formes linéaires; et il arrive à la conclusion que la quartique primaire générique n'est pas représentable avec la somme des quatrièmes puissances de 14 formes linéaires. — M. **Bisconcini** étudie les vibrations transversales d'une lame, qui dépendent de deux paramètres seulement.

2° Sciences physiques. — M. **Sella** décrit l'expérience suivante : Un faisceau de fils de fer, soudés ensemble aux extrémités, est passé dans un tube en verre, sur lequel on enroule deux fils minces en cuivre; un de ces fils est destiné à permettre le passage des ondes électriques, tandis que l'autre est fermé sur un téléphone. Si le faisceau a été préalablement magnétisé, et qu'on le soumette à une torsion, tour à tour en sens contraire, il se montre très sensible aux ondes électriques envoyées dans le premier entourage de fils. Le même phénomène se produit si le faisceau des fils, placé dans un champ magnétique, est alternativement étiré jusqu'à un certain point, puis relâché. Les expériences analogues d'hystérésis magnétique de Rutherford, que M. Marconi a modifiées et utitisées dans son *detector*, et les expériences de M. Sella, démontrent que la sensibilité magnétique du fer se rencontre *en général* chaque fois qu'un phénomène d'hystérésis se produit d'une façon quelconque. — M. **Carpini** décrit les recherches qu'il a exécutées pour étudier la variation du frottement intérieur des liquides magnétiques dans un champ magnétique; les expériences prouveraient que ce frottement est indépendant du champ. — M. **Blaserna** donne communication d'une note du Ministère de la Marine, sur les expériences exécutées à La Spezzia, entre les staticns de S. Vito, Palmaria et Livourne, avec les appareils de syntonisation de M. Marconi, produisant des ondes de longueur différente. Les expériences ont parfaitement réussi, et l'on a pu envoyer simultanément des radiotélégrammes, avec un même mât, à deux stations placées à 5 et 70 kilomètres de distance. — MM. **Angeli** et **Angelico** ont préparé des nitropyrrols, sans recourir à l'ancienne méthode de l'action directe de l'acide nitrique, mais faisant usage du nitrate d'éthyle en présence du sodium métallique; ils décrivent les composés obtenus. — MM. **Bruni** et **Padoa** présentent les résultats qu'ils ont obtenus en cherchant si des phénomènes d'isomorphisme et de formation de cristaux mixtes peuvent se produire entre les composés organiques qui renferment d'un côté un atome de chlore, de brome ou d'iode, et de l'autre le résidu nitrique AzO^2.

3° Sciences naturelles. — Le granit de Montofano, bien que peu éloigné de la masse granitique de Baveno, a été jusqu'ici rarement étudié. M. **Tacconi** en a fait l'objet de ses recherches; il décrit les divers minéraux déjà connus que la roche renferme, et donne la liste de ceux qui doivent être ajoutés. — M. **Longo** a reconnu, en étudiant le parcours du tube pollinique des *Cucurbita*, que ce tube contribue à la nutrition de l'embryon, et qu'il prend une part importante dans cette fonction, apportant des substances nutritives au sac embryonnaire, même après que la fécondation s'est accomplie. Ces fonctions expliquent les particularités morphologiques qui s'observent dans le tube pollinique.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE COPENHAGUE

Séances des 6 Mars et 3 Avril 1903.

M. N.-V. **Ussing** présente un mémoire sur la grande moraine terminale, dite baltique, en Jutland. Après avoir passé en revue les différentes hypothèses proposées au sujet de la formation de cette moraine, l'auteur discute une nouvelle hypothèse qui s'accorde parfaitement avec les résultats des récentes explorations faites à l'Etranger. — M. A. **Lehmann** a fait des recherches sur la nature de l'activité des nerfs. Partant de l'hypothèse généralement admise que le « courant nerveux » est de nature électrolytique, c'est-à-dire qu'il consiste en un déplacement d'ions successifs, l'auteur a, dans un précédent mémoire, formulé les conditions requises pour qu'un tel mouvement s'établisse. Il faut, notamment, que deux points contigus présentent une concentration différente : à la différence de concentration correspondra alors une différence de potentiel qui, le courant étant établi, entraînera un transport d'énergie vers les endroits à concentration plus faible, transport qui se continuera jusqu'à compensation de la différence de concentration. Or, l'excitation d'une extrémité de nerf périphérique s'accompagnera de la décomposition des éléments constitutifs du nerf; il s'établira ainsi, entre les parties excitées du nerf et les portions contiguës, une différence de concentration à laquelle répondra une différence de potentiel. Comme les nerfs sont bons conducteurs, cette différence de potentiel engendre un courant électrique traversant l'intervalle entre les deux points à concentration différente. Comme, d'autre part, le phénomène désigné sous le nom d'*électrotonus* fait voir qu'il peut exister, sur une même étendue de nerf, des courants électriques de sens contraires, on peut très bien supposer établi, entre deux segments de nerf contigus et de potentiels différents, un circuit fermé. Ce courant aura pour effet de diminuer la concentration dans le segment où elle était plus forte; il en résultera une différence de potentiel entre ce segment et le suivant, et ainsi de suite. C'est ainsi que le mouvement se propagera depuis la portion de nerf excitée jusqu'à l'organe d'ordre central. Cette théorie, basée sur des faits d'ordre exclusivement physique, offre l'avantage de pouvoir se vérifier par l'expérience, au moyen d'un appareil spécial dont la construction imite la structure d'un nerf et qui est essentiellement une chaîne de piles de concentration. L'excitation d'un nerf pourra s'imiter avec ce « nerf artificiel », en y déterminant une différence de potentiel dans un point donné. La détermination complète qu'il obtient des propriétés électriques de l'appareil permet à l'auteur d'en déduire les lois bien connues qui règlent l'activité des nerfs. Il résulte de ces belles recherches que l'hypothèse précitée rend bien compte de l'ensemble des phénomènes physiologiques présentés par les nerfs.

Alfred Gradenwitz.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 14 30 JUILLET 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Directeur : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Solennités scientifiques

Discours de M. E. Metchnikoff à l'inauguration de la statue de Pasteur à Marnes. — Ainsi que nous l'avons annoncé précédemment à nos lecteurs, la commune de Marnes a élevé au grand Pasteur un monument, dont l'inauguration a eu lieu le 12 juillet. Nous reproduisons ci-après le discours que M. E. Metchnikoff, chef de service à l'Institut Pasteur, a prononcé à cette occasion :

« L'Institut Pasteur m'a fait l'honneur de me confier la tâche de parler aujourd'hui en son nom.

« Depuis la mort de Pasteur, plusieurs monuments ont été élevés à sa mémoire : Dôle, la ville qui l'a vu naître, Arbois, où il a passé ses jeunes années, Lille, où il a fait ses premiers travaux sur les fermentations, Alais, où il a étudié la maladie des vers à soie, Melun et Chartres, où la vaccination anti-charbonneuse a été appliquée tout d'abord, lui ont érigé des statues. Aujourd'hui, c'est le tour de Marnes, témoin des dernières manifestations de l'activité scientifique de Pasteur. Pasteur, en effet, a exécuté un grand nombre d'expériences sur la rage à Villeneuve-l'Etang, sur le territoire de la commune de Marnes.

« Je n'ai pas besoin de faire ici l'histoire de la découverte de la vaccination antirabique : elle est présente à tous les esprits. Je me bornerai à signaler que les travaux de Pasteur sur la rage l'ont amené pour la première fois à faire une application sur l'homme.

« Lorsqu'il fut devenu impossible de nier l'efficacité des vaccinations préventives destinées à préserver le bétail contre le charbon et plusieurs autres épizooties, des esprits sceptiques et récalcitrants, qui se complaisaient dans les anciennes doctrines médicales, insistèrent sur l'impossibilité de faire profiter l'espèce humaine de la découverte de l'atténuation des virus.

« La méthode du traitement antirabique a renversé ce préjugé. Bien que Pasteur ne soit pas parvenu à connaître le microbe, cause de la rage, il lui suffit d'être en possession de la matière virulente pour la transformer en un vaccin bienfaisant, par des procédés qui témoignent d'un merveilleux génie d'invention, d'une ténacité inlassable soutenue par la passion du bien.

« La victoire n'a été ni facile, ni rapide. Des objections s'élevèrent en France et à l'Etranger contre le principe et l'application de la méthode antirabique. Il a fallu une lutte acharnée et prolongée pour en assurer le triomphe. Mais, déjà du vivant de Pasteur, pendant les dix ans qui se sont écoulés depuis sa découverte, les bienfaits des vaccinations préventives sont devenus si évidents, que presque tous les contradicteurs de la première heure les ont enfin reconnus. Dans tous les pays du monde, des instituts antirabiques ont été fondés, et les services qu'ils rendent ne se comptent plus.

« Ce mouvement ne s'est pas arrêté après la mort du bienfaiteur, et il n'y a guère que l'Australie, où la rage est inconnue, qui ne possède point de station vaccinale contre la terrible maladie.

« Les pays Européens, puis les deux Amériques et les possessions françaises et russes de l'immense territoire asiatique, ont organisé des services antirabiques. Plus tard, les Japonais et le Gouvernement de l'Inde anglaise ont suivi cet exemple, et, en 1899, il a même été créé une station à Shanghaï afin de faire profiter les Chinois des bienfaits de la découverte pastorienne.

« Les possessions françaises en Afrique sont, depuis une série d'années, munies d'Instituts antirabiques, et, tout récemment encore, le Gouvernement de la Colonie du Cap a adressé à l'Institut Pasteur une demande pour organiser un pareil institut à Boulouwayo, en Rhodésie. C'est M. Loir, autrefois collaborateur du Maître, qui a répondu à l'appel et qui, en peu de temps, a réussi à créer une station dans laquelle les Anglais collaborent avec les indigènes.

« Mais, de tous les Instituts fondés après la mort de Pasteur, c'est sans doute celui de Berlin qui mérite le plus l'attention. L'opposition la plus vive et la plus tenace contre la méthode pastorienne est partie des pays allemands. Non seulement, on trouvait cette méthode fondée sur l'erreur, mais on la déclarait complètement inutile en Allemagne, où, disait-on, les mesures de police sanitaire suffisent amplement à écarter le mal. Eh bien, après de trop nombreux cas de rage, le Gouvernement prussien s'est décidé à installer une Station antirabique dans l'Institut de Koch à Berlin. Ouverte en 1898, pendant les trois premières années de son fonctionnement, elle a soigné 704 mordus,

dont deux seulement sont morts après la fin du traitement, ce qui constitue la faible mortalité de 2,84 °/₀₀. Ce résultat, obtenu par un procédé calqué sur la méthode pastorienne, est très comparable à celui de l'Institut Pasteur même. Tandis que, dans les premières années du fonctionnement de l'Institut, la mortalité atteignait jusqu'à 9,40 °/₀₀, plus tard, elle s'est abaissée très sensiblement et ne représente plus actuellement que 2,84 °/₀₀. Dans les autres centres, on a pu observer la même chose. Ainsi, à l'Institut de Saint-Pétersbourg, la mortalité était d'abord de 27,5 °/₀₀, tandis que, d'après les dernières statistiques, elle ne s'élève plus qu'à 1,80 °/₀₀.

« Il serait tout à fait superflu d'entrer ici dans la technique des vaccinations antirabiques, et il suffit de dire que la méthode, élaborée par Pasteur et ses collaborateurs, est devenue d'un usage général. On a bien introduit quelques légères modifications, dont la principale consiste dans l'emploi de virus rabique fixe non atténué, que Pasteur hésitait encore à appliquer. Préconisée surtout à Budapest, cette méthode a donné de bons résultats, malgré la crainte exprimée par plusieurs médecins que les moelles non atténuées puissent donner la rage aux personnes non vaccinées. La contradiction apparente entre l'activité du virus et les résultats favorables de son injection à l'homme s'explique probablement par ce fait, récemment mis en lumière en Allemagne, à savoir que le virus fixe employé dans les Instituts antirabiques, qui est extrêmement virulent pour l'animal de choix, le lapin, ne manifeste qu'un pouvoir infectieux faible vis-à-vis de plusieurs espèces de singes. Il est donc probable que la même chose a lieu pour l'homme.

« Vous voyez que les progrès apportés dans la prévention contre la rage, telle que l'a établie Pasteur, ne sont que d'ordre secondaire. De son vivant, après tant d'hésitations et d'angoisses, il a eu la joie de constater les résultats de sa dernière découverte. On pourrait donc supposer qu'arrivé au terme de son activité si féconde, Pasteur a passé les dernières années de sa vie dans une tranquillité sereine, réservée à peu d'êtres mortels. Certes, il pouvait envisager avec une grande satisfaction son œuvre immense et glorieuse. Mais, pour ceux qui l'ont approché dans cette période ultime de son existence, il était évident qu'à ce bonheur des services rendus il se mêlait aussi une note triste et amère. Ses forces l'abandonnant, lorsqu'il voyait ses collaborateurs poursuivre leurs recherches dans l'Institut qu'il avait fondé, il sentait la tristesse cruelle de ne plus pouvoir faire comme eux. Si glorieuse que fut son œuvre, elle ne lui paraissait pas achevée. Il aurait voulu la poursuivre pour le bien de l'humanité.

« En faisant à l'âge de soixante ans, malgré un état de santé précaire, une de ses plus belles découvertes, Pasteur a démontré combien est erronée l'opinion si répandue que l'homme jeune est seul capable d'œuvres créatrices.

« Après soixante-dix ans d'existence, malgré une carrière des plus rares et des plus brillantes, Pasteur n'était pas encore satisfait de son labeur. Il nous a fourni ainsi une nouvelle preuve que la vie humaine, telle que nous l'observons aujourd'hui, est trop courte et incomplète.

« L'exemple de Pasteur est bien fait pour exalter le courage des hommes et donner à l'humanité l'espérance d'un avenir heureux, qu'elle atteindra lorsque enfin elle appliquera rigoureusement les méthodes scientifiques à la recherche de la vérité. C'est ce qu'a toujours fait le grand Maître que nous honorons aujourd'hui par ce beau monument ».

§ 2. — Mathématiques

Le Problème des trois corps. — M. Levi Civita vient de faire paraître, sous forme développée, dans les *Annali di Matematica*, les recherches qu'il avait résumées dans deux Notes présentées à l'Académie des Sciences (les 12 et 26 janvier derniers) et qui constituent un important progrès dans l'étude du problème des trois corps.

La question abordée par M. Levi Civita est celle des singularités du mouvement. On sait, depuis les travaux de M. Painlevé, que celui-ci est régulier — les coordonnées étant développables en séries de polynomes uniformément convergentes dans tout intervalle fini — tant qu'il n'y a pas rencontre de deux (au moins) des corps.

Quels sont donc les cas où un choc peut se produire? Quelles relations doivent exister, à un instant quelconque, entre les positions et les vitesses, pour qu'il y ait choc ultérieur? On conçoit toute l'importance qu'offrent ces relations et l'intérêt qu'il y a à les écrire.

C'est cette difficile question que M. Levi Civita est parvenu à résoudre, en ce qui regarde le problème restreint des trois corps (on sait qu'on nomme ainsi la recherche du mouvement plan d'une masse infiniment petite P, soumise à l'action newtonienne de deux masses finies S, J en rotation uniforme l'une par rapport à l'autre), en montrant qu'il existe une seule équation $u=0$ caractéristique du choc, et formant effectivement cette condition.

Nous ne pouvons indiquer ici même la marche générale suivie par l'auteur. Disons seulement qu'il prend pour variable indépendante la racine carrée ρ de la distance PS (laquelle doit devenir nulle s'il y a choc) et établit que les trajectoires singulières sont celles où l'angle polaire correspondant et sa dérivée par rapport au temps sont des fonctions holomorphes de ρ. Un usage heureux de la méthode des fonctions majorantes permet d'établir l'existence de telles fonctions.

La méthode permet également d'obtenir les trajectoires doublement singulières (avec choc dans le passé et dans l'avenir).

La solution est, en un sens, complète. Il serait toutefois nécessaire de savoir exprimer, non seulement qu'un mouvement donné n'est pas destiné à se terminer par un choc, mais encore qu'il est suffisamment éloigné des conditions dans lesquelles ce choc serait à prévoir, en prenant le terme : « suffisamment éloigné » dans un sens convenable ; il s'agira, par exemple, d'exprimer que les distances mutuelles des astres considérés ne descendent jamais au-dessous d'une certaine limite. Il est clair qu'un tel complément est indispensable s'il s'agit du mouvement de planètes ayant des dimensions finies, puisque celles-ci se choqueraient dès que la distance de leurs centres cesserait d'être supérieure à la somme de leurs rayons.

Dans le cas général du problème des n corps, la solution paraît, d'après d'autres théorèmes établis par M. Painlevé, devoir être extrêmement compliquée. Le résultat actuellement acquis pour le cas restreint n'en est que plus remarquable.

§ 3. — Astronomie

La Lumière zodiacale. — Les explications de la lumière zodiacale données jusqu'à présent peuvent être partagées en deux groupes : *cosmique* et *atmosphérique*. Le premier groupe se subdivise encore en deux, qu'on peut appeler *héliocentrique* et *géocentrique*, suivant que l'on attribue le phénomène à quelque matière circulant autour du Soleil, ou à quelque appendice de la Terre en dehors de notre atmosphère.

L'origine héliocentrique fut défendue par Faye, et les principaux matériaux de cette hypothèse sont fournis par les célèbres travaux de Schiaparelli, mettant en évidence l'intime connexion entre les comètes et les corpuscules météoriques : en effet, avec le groupe remarquable de comètes à courte période ayant leur aphélie au voisinage de l'orbite de Jupiter, il doit y avoir de la matière météorique circulant dans des orbites semblables. Si l'on suppose que la matière météorique soit suffisamment dense, au moins dans certaines parties de l'espace, pour que la réflexion

diffuse de la lumière du Soleil soit perceptible sur la Terre, cette analogie donne aussitôt une idée pour l'explication du caractère *zodiacal* du phénomène, étant données les petites inclinaisons des orbites des comètes à courte période.

C'est dans cette voie que M. Geelmuyden se livre à des recherches fort intéressantes depuis 1878. Cependant, le nombre relativement faible des comètes à courte période pourrait faire craindre que la matière météorique correspondante ne puisse donner lieu à une condensation suffisante autour de l'écliptique; mais on peut compter chaque passage comme une apparition, et un observateur placé sous le Soleil verrait les comètes également distribuées sur le ciel si, toutefois, les plans des orbites avaient une répartition uniforme dans l'espace, c'est-à-dire si les pôles étaient également distribués sur la sphère céleste. Mais la prépondérance des petites inclinaisons des comètes périodiques fait que la fréquence des apparitions vues du Soleil est dix fois plus grande dans une zone de 20° de longueur de l'un et de l'autre côté de l'écliptique que sur le reste du ciel.

Il y a plus : depuis le peu de temps que l'on connaît des comètes à courte période, il est déjà arrivé quelquefois qu'une comète, après avoir été observée en plusieurs apparitions, a fini par devenir invisible. Dans la comète Holmes, on a un exemple de fluctuations d'éclat évidemment dues à quelque phénomène inconnu dans la comète elle-même; mais il est aussi évident que l'affaiblissement des comètes Biéla, Brorsen et Tempel I doit être dû à la dissémination de la matière le long de l'orbite. La comète a disparu, mais la matière reste. Dans les siècles passés, les grosses planètes ont changé les orbites d'un certain nombre de comètes avec l'effet que nous connaissons; dans la période où la comète est contrainte de se tenir dans les parties intérieures de notre système, sa matière subit une dispersion graduelle; les perturbations des grosses planètes peuvent bien avoir, il est vrai, un effet contraire d'expulsion d'une comète périodique dans l'espace — mais les chances ne sont plus égales après la dissémination de la matière.

Enfin, les observations soigneuses ont montré que souvent l'axe de la lumière dévie sensiblement de l'écliptique et l'on a cru pouvoir en conclure qu'il s'agit plutôt de l'équateur solaire que de l'écliptique. C'est ici le lieu de mentionner les très belles recherches d'Arthur Seale, tandis que, en France, M. Perrotin ne manque pas une occasion de donner d'intéressantes et très minutieuses observations de la lumière zodiacale.

D'ailleurs, pour traiter théoriquement cette question, il faut introduire l'effet de la phase dans le calcul de la quantité de lumière réfléchie, et cet effet n'est qu'imparfaitement connu; on admet encore généralement la loi de Lambert, dans laquelle la lumière réfléchie par diffusion est proportionnelle au produit des cosinus des angles d'incidence et d'émanation. Mais alors la comparaison de la théorie avec la réalité exigerait des mesures photométriques dans les diverses parties de la lumière zodiacale, mesures qui seront déjà malaisées par elles-mêmes, non compris la difficulté d'évaluer l'effet de l'absorption atmosphérique ; et, actuellement, il reste une divergence entre la théorie et l'expérience pour ce qui concerne la faible lueur observée autour de l'élongation 180°.

Au reste, Schiaparelli a montré qu'il y aura toujours un minimum au point d'apparition, quelle que soit la loi de densité, si l'on admet la validité de la loi de Lambert, et, dans une discussion très complète des observations, Seale prouve que l'on a parfois confondu avec la lumière zodiacale de faibles ramifications de la voie lactée.

Avant de rejeter l'hypothèse fondamentale d'une telle théorie cosmique, il est indispensable de reprendre avec soin, comme l'a fait Seeliger, la loi photométrique fondamentale, car c'est, en somme, la formule de Lambert qui est le point le plus faible des déductions. Or, précisément, une nouvelle loi photométrique, suggérée par des expériences très délicates, le produit des cosinus divisé par leur somme, donne bien l'indication de sens voulu : un petit accroissement d'éclat vers 180°. On avait déjà remarqué que la loi de Lambert est inapplicable aux petites planètes dans le voisinage de l'opposition : ces recherches récentes confirment, ou expliquent, si l'on veut, cette discordance.

Il semble résulter des derniers travaux de Seale, interprétés comme le fait H. Geelmuyden, que l'on soit parvenu à lever tous les obstacles sérieux à une théorie météorique de la lumière zodiacale.

§ 4. — Météorologie

Pluie de boue en Belgique. — Les 22 et 23 février 1903, sur une grande partie de l'Europe et même sur l'Atlantique, se produisait une pluie de poussières, particulièrement bien observée en Belgique, et dont le Professeur Prinz a fait une étude très détaillée (*Ciel et Terre*) et fort intéressante.

C'est une poudre de couleur café au lait clair, extraordinairement fine et agglutinante à sec, qu'il faut de préférence étudier au microscope; mélangée à l'eau, elle forme une pâte brune, d'aspect argileux, à odeur terreuse; la chaleur la décolore avec production d'odeur empyreumatique; au feu vif, elle fond en un verre noirâtre, magnétique. On y reconnaît des débris de roches schisteuses et du mica, du quartz en esquilles, en grains arrondis, parfois en petits prismes pyramidés, du feldspath orthose, du zircon, des fragments d'aiguilles de rutile, de la tourmaline, du grenat en morceaux de quelques centièmes de millimètre, des débris végétaux filamenteux, le tout pouvant provenir des Ardennes; un grand nombre de corpuscules de carbonate de calcium, pour la plupart très petits, blanc jaunâtre, biréfringents, ovoïdes ou fusiformes; des grains ferrugineux et charbonneux et, enfin, d'une manière caractéristique et permanente dans tous les échantillons, des sphérules vitreuses, perles de verre parfaitement isotropes allant jusqu'à 0mm,1, avec un diamètre le plus fréquent de 0mm,03. Ces perles de verre ont, presque toujours, une seule grande bulle placée excentriquement, — parfois plusieurs petites bulles, — et pourraient faire croire à une origine éruptive.

Les caractères minéralogiques du sédiment, par ailleurs, n'indiquent guère une origine éruptive : les parcelles de feldspath qui l'accompagnent ont peut-être cette provenance, mais les débris de quartz, de tourmaline et autres sont originaires des régions belges, et la composition minéralogique hétérogène s'explique d'elle-même si l'on songe que cette chute boueuse fut interrompue par la pluie.

Au reste, M. Prinz a repris des préparations antérieures relatives aux résidus de filtration de la pluie : si les débris des granules vitreux offrent les caractères et les dimensions de matériaux éruptifs, tant fossiles que récents, on ne peut cependant pas rapporter ces deux cas, très analogues, aux éruptions de l'Amérique centrale. Et, si l'on compare encore ces préparations avec les échantillons de cendres prélevés dans les cheminées de foyers intensifs à la houille, toutes les analogies permettent de dire que l'on ne peut, jusqu'à présent, expliquer le phénomène en question en lui attribuant une origine éruptive, même partielle.

La conclusion finale de l'étude de trois échantillons très distincts reste la même : les granules les plus grossiers qu'ils contiennent appartiennent à des minéraux de nos régions; les débris vitreux n'en forment pas la partie la plus importante et sont d'origine accidentelle. Le reste est une farine argileuse, calcaro-gypseuse, avec glauconie et parcelles usées de mica, dont le lieu d'origine reste à fixer par la détermination de l'aire de la chute boueuse; mais elle n'a rien d'éruptif et offre une composition du genre de celle des plus fines poussières des landes et des déserts.

Enfin, on peut noter la grande sécheresse et la température élevée qui ont régné à l'époque de cette pluie de boue.

Il est intéressant de rappeler à ce sujet que, en 1883-1884, sous l'influence de la catastrophe du Krakatoa, on attribuait toutes les colorations crépusculaires à des poussières volcaniques; puis, il a fallu reconnaître, au contraire, à diverses reprises, qu'elles provenaient de particules sédimentaires. Des résidus pluviaux des mois de décembre et de janvier de ces années, recueillis après des crépuscules rouges intenses, furent analysés entre autres par Karsten, Flögel et Emmerling; les essais indiquèrent surtout la présence du carbonate de calcium et du gypse, associés aux impuretés habituellement suspendues dans l'atmosphère.

§ 5. — Génie civil

Suppression des arrêts en gare. — Le projet exposé dans un de nos précédents numéros[1], et qui consiste à cueillir les voitures et à les abandonner à la volée, en quelque sorte, au lieu d'arrêter les trains en gare, soulève, ainsi qu'on le sait, nombre de questions non résolues et que beaucoup d'ingénieurs jugeront même insolubles; mais, comme ce serait engager trop imprudemment l'avenir prometteur de progrès que de se solidariser avec eux sur ce point, nous ne pouvons que rendre hommage à l'ingéniosité des inventeurs qui projettent de pareilles installations, et nous devons en signaler encore une autre, due à l'ingénieur américain Jenkins. L'auteur décrit à peu près comme suit les principes, les dispositions et les avantages de son système :

Le but principal de l'invention est d'abolir complètement les arrêts aux stations, tout en permettant aux voyageurs de descendre ou de monter en voiture à toutes les gares. Pour réaliser ce programme, il installe à droite et à gauche de la voie deux nouveaux rails, destinés à une gare mobile qui sera entraînée par le train à son passage devant la station. Ces deux rails supplémentaires servent de chemin de roulement à une charpente métallique sous laquelle vient s'engager le train en vitesse et qui est munie d'un petit bâtiment faisant corps avec elle. A la partie supérieure de cette charpente, on a installé des galets très larges, destinés à faire circuler momentanément le système sur une paire de rails fixés sur les toits des différentes voitures dont se compose le train.

A l'endroit de la station, les deux rails situés sur le sol de la gare mobile sont surélevés, de sorte que, lorsque le train en marche passera sous la charpente métallique, il pourra entraîner le système, tout en le laissant circuler sur son chemin de roulement; mais, à partir de quelques mètres du point de rencontre, la voie de la gare mobile s'infléchit, si bien qu'au bout d'un petit parcours, cette gare viendra reposer sur les rails fixés aux toits des voitures. A l'endroit de l'arrêt, les voies de la gare mobile reprennent petit à petit leur niveau supérieur ; à un certain moment, elle cessera donc de reposer sur les rails des wagons pour ne plus circuler que sur les rails du sol. En faisant agir les freins de la gare mobile, on pourra fixer celle-ci sur le train en mouvement, ou s'en débarrasser suivant les besoins. On conçoit que, pendant le temps où les deux systèmes (train et gare) sont solidaires, on pourra facilement effectuer le changement des voyageurs et des bagages.

Pour pouvoir rendre ce procédé absolument efficace, il faut s'arranger de façon qu'il n'y ait aucun arrêt du train sur tout le parcours du réseau ; or, on sait qu'on est obligé, pour toutes les sections de 200 ou 300 kilomètres, de changer de locomotives, autant pour ménager celles-ci que pour donner un peu de répit au mécanicien. Il fallait donc trouver un moyen pour pouvoir opérer le changement de locomotive sans arrêt du train. L'auteur a indiqué un dispositif qui permet à la locomotive de se détacher des voitures qui la suivent; arrivée à proximité de l'endroit de changement des machines, celle qui tire le train en question se détache, file en avant et s'engage sur une voie de garage. Le train continue à marcher en raison de la vitesse acquise et en vertu d'un plan incliné sur lequel il roule. A une certaine distance devant lui se trouve une nouvelle locomotive, qui marche à une vitesse inférieure à celle du train; celui-ci vient buter contre elle : l'amarrage se fait automatiquement et le train tout entier reprend son allure jusqu'au poste de changement suivant.

[1] Un Projet de Métropolitain pour New-York, *Revue gén. des Sciences* (15 Novembre 1902).

§ 6. — Physique

Le bombardement atomique et le spinthariscope. — Les membres de la Société française de Physique qui assistaient à sa séance du 3 juillet ont pu voir, non sans une certaine émotion, un extraordinaire phénomène, que rend très évident le *spinthariscope* de Sir W. Crookes, dont M. Curie venait de rapporter de Londres un des premiers exemplaires.

Le *spinthariscope* se compose d'un petit tube, fermé à une extrémité par un écran au sulfure de zinc, à l'autre par une loupe mise au point sur l'écran. Entre les deux se trouve une lamelle de métal, portant un miniscule fragment de radium, tourné vers l'écran et masqué du côté de la loupe. Si, après s'être placé dans l'obscurité, on met l'œil à la loupe, on aperçoit, à l'intérieur du tube, une faible lueur continue, et, sur l'écran, une multitude de points lumineux, qui apparaissent au hasard et disparaissent instantanément; c'est comme un pétillement d'étincelles, d'autant plus serrées qu'elles se trouvent plus rapprochées du centre de l'écran, en face du point de la lamelle métallique cachant le radium.

L'explication la plus plausible de ce singulier phénomène consiste à admettre que chaque petite tache lumineuse instantanée révèle le point d'impact d'un atome de radium participant au bombardement et provoquant la luminosité de l'écran. Ainsi, l'action individuelle des atomes serait reconnue pour la première fois, grâce à leur nombre très petit dans le flux d'émission de la faible quantité de radium introduite dans l'instrument et à la prodigieuse énergie spécifique de ce corps.

Une fois de plus, le radium apporte une nouvelle et précieuse contribution à notre connaissance de la matière, par un phénomène tout aussi troublant que ceux à la découverte desquels l'étude de ce corps avait déjà conduit. Peut-être sera-t-il possible de tirer, de telles observations, non seulement la preuve qualitative de l'émission de particules séparées émanant du radium, mais aussi une donnée quantitative-limite concernant leur grandeur. Leur vitesse est connue et, si l'on prend comme limite inférieure de leur énergie cinétique l'énergie de la quantité de lumière engendrée sur l'écran, énergie que l'on peut déduire de la sensibilité connue de la rétine, on possédera une limite inférieure de leur masse. De telles mesures comportent assurément une notable incertitude; mais, comme il s'agit seulement de fixer ou de vérifier un ordre de grandeur, on trouvera peut-être intéressant de les entreprendre.

Conductivités et constantes diélectriques des solutions à l'état critique. — De récentes recherches de M. P. Eversheim, à Bonn, sur la relation qui existe entre la conductivité et la constante diélectrique des liquides, d'un côté, et leur température, de l'autre, avaient donné des résultats très remarquables : la similitude des phénomènes présentés par tous les corps étudiés, surtout au voisinage de la température critique, suggérait l'hypothèse qu'une même loi doit régir les constantes diélectriques et les

conductibilités, établissant une connexion intime entre ces deux ordres de phénomènes. Le problème soulevé par cette intéressante étude avait, d'autre part, une importance toute spéciale pour la question de l'état critique, question récemment discutée par M. Traube[1] et où le dernier mot est loin d'être dit.

C'est pourquoi M. Eversheim, dans un Mémoire publié dans la *Physikalische Zeitschrift*[2], reprend ses recherches, en les étendant aux températures supérieures aux points critiques. Voici les conclusions qu'on peut tirer du travail de l'auteur :

La résistance électrique des solutions et dissolvants croît, à partir d'une certaine température inférieure au point critique, d'une façon tout à fait continue; au-dessus du point critique, elle prend, semble-t-il, une valeur constante. L'auteur croit possible que la température de transition corresponde au point de « gazéification absolue » de M. Traube.

Les variations de la constante diélectrique restent également continus au passage de l'état liquide à l'état gazeux. Certaines particularités observées à la température critique sur toutes les substances étudiées suggèrent l'hypothèse qu'on est en présence de phénomènes d'un caractère général et qui sont peut-être intimement liés aux phénomènes critiques. L'état critique n'est point, comme on l'admettait généralement, caractérisé par l'égalité de densité dans les portions liquide et gazeuse; le présent travail fait voir, au contraire, à partir du point critique, la *possibilité*, mais non la *nécessité*, de l'égalité de densité.

§ 7. — Électricité industrielle

Nouveau système d'éclairage par arc incandescent. — Ce nouveau système a pour but principal de réaliser une grande économie dans les frais de production de la lumière par l'électricité. Il repose sur les propriétés, découvertes il y a vingt-cinq ans, en France, par Gauduin, Carré et Archereau (1878), des substances minérales portées à l'incandescence dans l'arc électrique. Ces expérimentateurs avaient remarqué qu'on obtient une grande augmentation de la lumière en mélangeant, au charbon des électrodes pour lampes à arc, des oxydes ou des sels de chaux, de magnésie ou d'autres corps analogues. De nombreuses recherches ont été faites dans la même voie avec des composés variés, tels que les carbures, oxydes, fluorures, etc., des différents métaux.

Mais on n'a pas su tirer parti jusqu'ici de ces propriétés éclairantes d'une manière pratique, à cause de la production de scories fondues et de l'instabilité de la lumière. Du Moncel, dans son Traité de 1883, rapporte qu'on a renoncé à cette époque à l'emploi de ces charbons dans les lampes à arc.

Depuis cinq ans, les études ont été reprises dans cette voie, notamment par M. Bremer, qui exposait une lampe à charbons minéralisés à l'Exposition de 1900, et qui a eu le mérite de rappeler l'attention sur ce sujet. Mais il a été, lui aussi, arrêté par les scories, et il n'a pu obtenir de bons résultats avec la disposition ordinaire des charbons, ce qui l'a conduit à utiliser un nouveau type de lampe, dans lequel les deux charbons sont placés obliquement, en convergeant vers leurs extrémités inférieures[2]. Cette disposition a été reproduite par de nombreux constructeurs étrangers, qui ont adopté pour les charbons un autre dispositif, imitant les charbons de Carré, et qui consiste à ajouter les matières minérales dans les mèches.

Aucune de ces deux solutions n'est complètement satisfaisante, car les charbons entièrement minéralisés donnent des scories excessives, et les charbons à mèches très minéralisées ne fonctionnent d'une manière acceptable qu'avec des densités de courants exagérées. Aussi n'était-on pas arrivé jusqu'à présent à employer des lampes de faible intensité avec des charbons fortement minéralisés; on n'a pu rendre pratiques des régimes inférieurs à 6 ou 7 ampères, et, en réalité, les lampes allemandes fonctionnent sous des intensités de 9 ampères et au delà.

Au contraire le système nouveau, créé à la suite des

Tableau I. — ***Tableau d'essais des lampes à courant continu de 3, 5 et 9 ampères.***

Crayons	Flux en lumens[3]	Régime en ampères	Régime en volts	Puissance en watts	Lumens par watt	Watts par bougie décimale[1] hémisphérique moyenne
Siemens, marque A : Diamètres { 7mm au pôle + ; 6mm au pôle —	900	3,1	43	133	6,7	0,935
Trizones[4] : Diamètres { 9mm au pôle + ; 8mm au pôle —	6.280	3,1	45	139,5	45	0,14
Siemens, marque A : Diamètres { 10mm au pôle + ; 6mm au pôle —	1.780	5	43	215	8,3	0,75
Trizones : Diamètres { 10mm au pôle + ; 8mm au pôle —	14.900	5	45	225	66,2	0,095
Siemens, marque A : Diamètres { 14mm au pôle + ; 10mm au pôle —	4.340	9	42,5	382,5	11,4	0,55
Trizones : Diamètres { 15mm au pôle + ; 10mm au pôle —	30.130	9,1	43	391,3	77	0,08

[1] *Ann. der Physik*, t. VIII, p. 267, 1902.
[2] *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 18, p. 503-507, 15 juin 1903.
[3] Les valeurs absolues résultent de l'étalonnage fait par M. Laporte sur l'arc de 8,9 ampères sous 43 volts entre charbons Siemens marque A (diam. = 7 millimètres au pôle +, 6 millimètres au pôle —), cet arc ayant servi d'étalon secondaire.
[4] La consommation des charbons trizônes est de 25 à 28 millimètres à l'heure.

[1] La bougie décimale vaut 1,129 bougies Hefner.
[2] Voir notre numéro du 15 octobre 1902, p. 900.

recherches de M. André Blondel, et construit par la Société d'incandescence par le gaz (Système Auer), résout le problème de l'éclairage économique, en permettant d'abaisser à des intensités très faibles le courant consommé dans la lampe à arc, et en réalisant une intensité lumineuse supérieure à celle des foyers ordinairement employés.

C'est ainsi que le type normal des nouvelles lampes à arc est celui de 3,3 ampères, qui donne une lumière de 50 °/₀ supérieure à celle d'un arc ordinaire de 10 ampères.

Le tableau I (p. 745) donne, pour les lampes ordinaires et les nouvelles, les résultats d'essais comparatifs à 3,5 et 9 ampères. Ces résultats remarquables sont obtenus par un ensemble de dispositions spéciales, qu'il convient d'indiquer brièvement :

1° Des charbons spéciaux à zones multiples, caractérisés par le fait que les substances minérales qu'ils contiennent (sels fusibles choisis particulièrement en vue de réaliser le rendement lumineux maximum) sont incorporées seulement dans les zones intérieures du crayon, et ceci dans des proportions très considérables, tandis que la zone extérieure, généralement très mince, est formée de charbon non scorifiable, pur en général ; cette zone extérieure protège les zones intérieures contre une combustion latérale, donne aux charbons la conductibilité qui ferait défaut si les zones minéralisées étaient seules, et permet enfin d'allonger les durées de fonctionnement en augmentant les diamètres des charbons bien au delà de ceux qui sont ordinairement admis avec les arcs minéralisés. Les charbons ordinairement employés, dits trizones, sont à trois zones, dont deux intérieures minéralisées, la zone centrale faisant office de mèche, et pouvant être, dans certains cas, remplacée par des mèches multiples ;

2° Une manière particulière de brûler ces charbons, bien qu'en général ils puissent être employés avantageusement dans les lampes déjà en usage. Dans le dispositif spécial qui permet de réaliser les faibles régimes qu'on vient d'indiquer, avec de hauts rendements lumineux et une stabilité de lumière suffisante, une électrode très minéralisée est placée verticalement au-dessous d'une seconde électrode, moins minéralisée en général, et disposée dans le prolongement de la première[1], de telle manière que l'arc, qui jaillit entre ces deux électrodes, se trouve constamment situé immédiatement au-dessous et suivant l'axe d'un disque en matière réfractaire ; ce disque non seulement joue le rôle de réflecteur, mais sert surtout à soutenir par le haut l'arc électrique et les vapeurs qui s'en élèvent, de façon à empêcher cet arc de grimper le long du charbon supérieur et à maintenir l'extrémité inférieure de celui-ci à une température suffisante pour qu'il ne s'y forme pas de scories liquides.

Cette disposition permet l'emploi de minéralisations considérables en sels fusibles, sans qu'il y ait des scories gênantes, même au cas où la disposition des charbons ne supprimerait pas celles-ci entièrement ; en outre, elle donne le rendement lumineux maximum, parce que l'arc s'y trouve complètement saturé par les vapeurs minérales, beaucoup mieux que dans aucune autre disposition, et que la lumière provient de l'incandescence à laquelle l'arc porte les vapeurs qu'il contient.

La *fixité de la lumière* est presque aussi grande qu'avec un arc entre charbons purs, *grâce au choix rationnel des matières minérales employées* ; ce choix contribue également à l'obtention du maximum de rendement lumineux.

C'est par la combinaison de ces divers éléments qu'on arrive à réaliser les *rendements remarquables des petits arcs*, rendements qui sont extraordinaires si on les compare à ceux des petits arcs entre charbons purs : on sait qu'avec les charbons purs l'intensité lumineuse décroît très vite avec le courant, au-dessous de 7 ampères ; et c'est ce qui a empêché jusqu'ici l'emploi des foyers de petites intensités de se répandre.

Or, d'après le tableau donné ci-dessus, une lampe de 3,3 ampères du nouveau système donne 1,50 fois plus de lumière qu'une lampe de 10 ampères de l'ancien système, et 6,50 fois plus qu'une lampe de 3,3 ampères de l'ancien système.

La lampe de 10 ampères du même système réalise un rendement égal à 7 fois celui des lampes de 10 ampères ordinaires, ainsi que le montrent les deux dernières rangées du tableau d'essais.

La disposition de ces lampes est complétée par des systèmes de fumivores, qui condensent les fumées qui se dégagent de l'arc.

Il paraît que le système se prête aussi à la transformation de certaines des lampes existantes.

Contrairement à ce que donnent les lampes à crayons dirigés la pointe en bas, la répartition de lumière est ici absolument symétrique autour de la verticale ; le nouveau dispositif se prêtera donc bien à l'éclairage public, en raison de la bonne répartition, et cependant il permettra, si on le désire, de concentrer la lumière vers le bas autant qu'il pourra être opportun pour l'éclairage intérieur ou l'éclairage des devantures par exemple.

Les gros foyers de 5 à 10 ampères pourront trouver avantageusement leur application pour l'éclairage public ou l'éclairage des grands espaces. L'intensité maxima n'est, d'ailleurs, pas limitée, les dispositifs des charbons et des lampes présentant une très grande élasticité sans perdre leurs avantages.

Enfin, l'intensité minima actuelle de 3 ampères n'est pas la plus faible qui puisse être réalisée, et le système nouveau se prête à l'emploi d'arcs encore plus petits.

§ 8. — Chimie industrielle

L'Extraction de l'iode au Chili. — L'iode a été primitivement extrait uniquement des cendres de certaines algues marines, appelées en France « varechs » et en Angleterre « kelps » ; mais actuellement la principale source consiste dans les résidus de la préparation des nitrates du Chili. La production totale de ces trois dernières années a été de 4.000 kilogs d'iode, dont la plus grande partie vient des eaux-mères ou *aqua vieja* des nitrates chiliens.

Les nitrates sont exploités sur une bande de terrain située parallèlement à la côte du Pacifique, à une distance d'environ 45 à 50 kilomètres, le centre de l'exploitation se trouvant à une latitude de 22° S. de l'équateur. Le terrain compris entre l'océan et les mines est complètement désert, et l'on y rencontre des rochers s'élevant à pic à une hauteur de 500 à 600 mètres. Le procédé employé pour l'extraction de l'iode dans ces exploitations est très primitif et est décrit par M. Newton[1] de la manière suivante :

Le nitrate résiduel impur est mélangé intimement avec du charbon pulvérisé, dans la proportion de 15 parties de charbon pour 85 parties de nitrate, et la masse, maintenue humide pour empêcher l'inflammation spontanée, est disposée en un tas conique auquel on met le feu. Le produit restant après la combustion contient du carbonate de sodium impur : c'est le *sal natron*.

Il est dissous dans l'eau de manière à former une solution saturée, dont on sépare les impuretés par décantation. L'opération suivante consiste dans la préparation de bisulfite de sodium.

Pour cela, on sature la solution de *sal natron* par un courant d'acide sulfureux produit par la combustion du soufre dans des fours spéciaux ; la dissolution de bisulfite est versée dans des bacs situés au-dessus des cuves où se trouvent les eaux-mères des nitrates, c'est-à-dire l'*aqua vieja* renfermant l'iode. C'est ici que

[1] Pour le courant continu, l'électrode supérieure est négative, et elle peut être en charbon pur.

[1] *Journ. Soc. chem. Ind.*, 1903, p. 469.

commence le rôle du chimiste ou « *chimico* », qui, généralement, est un contremaître indigène. Il se base pour ses essais sur la densité de ses solutions, ce qui, évidemment, ne donne que des renseignements très grossiers, vu le nombre et la quantité variables d'impuretés qui y sont contenues.

Il fait arriver le bisulfite dans l'*aqua vieja* en agitant constamment, soit à l'aide de roues à palettes en bois, soit en faisant arriver un courant d'air. L'iode, qui se trouvait à l'état d'iodate de sodium et de potassium, se précipite, et le *chimico* se rend compte si la précipitation est complète; sinon, il ajoute une nouvelle quantité de bisulfite.

L'iode qui se dépose est décanté sur des filtres en toile, où il est rassemblé, lavé et pressé en gâteaux cylindriques. Pour le purifier, on le sublime dans des cornues en fonte; le produit obtenu renferme environ 99,8 °/₀ d'iode.

Le commerce de l'iode se trouve concentré entre les mains d'un trust anglais qui en retire d'énormes bénéfices; le prix de vente est d'environ 22 à 23 francs le kilogramme.

§ 9. — Universités et Sociétés

La nouvelle loi militaire et l'Enseignement supérieur. — La Société pour l'étude des questions d'enseignement supérieur, que préside M. Alfred Croiset, doyen de la Faculté des Lettres, et dont les vice-présidents sont MM. Glasson, Lyon-Caen, Darboux et Gabriel Monod, vient de publier et d'adresser, aux membres de l'enseignement supérieur, le questionnaire suivant, relatif aux conséquences universitaires de la nouvelle loi militaire :

1° Quel effet produira la nouvelle loi militaire sur le nombre des étudiants dans les diverses Facultés?

2° Quels sont les enseignements qui paraissent les plus menacés?

3° Quels sont les enseignements qui, dans chaque Faculté, semblent devoir être maintenus et fortifiés?

4° Y aura-t-il lieu, pour les diverses Facultés, de se spécialiser suivant les régions et dans quelle mesure convient-il de le faire?

5 Y a-t-il lieu d'exiger, pour l'admission à certaines fonctions publiques (politiques, administratives, judiciaires, etc.), des titres scientifiques supérieurs? Quelles sont ces fonctions? Et quels seraient les titres ou diplômes?

6° L'application de la nouvelle loi doit-elle entraîner une modification du régime des examens et concours?

7° Que faut-il penser de l'organisation d'Universités commerciales sur le type des « Handelshochschulen » allemandes et du commencement de spéculation qui s'y manifeste?

Les réponses doivent être adressées à M. Fr. Picavet, professeur à l'Ecole des Hautes-Etudes, directeur de la *Revue internationale de l'Enseignement supérieur*.

Personnel universitaire. — M. Caubet, professeur de Clinique médicale à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Toulouse, est nommé doyen de ladite Faculté.

M. Acquaviva, docteur en médecine, est nommé chef des travaux anatomiques de l'Ecole de Médecine de Marseille.

M. Gley, agrégé des Facultés de Médecine, est délégué dans les fonctions de chef des travaux de Physiologie de la Faculté de Médecine de Paris.

M. Daniel, docteur ès-sciences, maître de conférences de Botanique appliquée à la Faculté des Sciences de Rennes, est nommé professeur de Bot anique appliquée à l'Agriculture à ladite Faculté (*Fondation de l'Université de Rennes*).

M. Grignard, docteur ès-sciences, chef des travaux de Chimie générale à la Faculté des Sciences de Lyon, est délégué dans les fonctions de maître de conférences de Chimie générale à ladite Faculté.

M. Mascart, professeur de Physique générale et expérimentale au Collège de France, est nommé vice-président de l'Assemblée des professeurs de cet établissement.

M. le Dr Bordas est nommé préparateur de la Chaire de Médecine du Collège de France, en remplacement de M. Charrin, nommé professeur.

M. Job, docteur ès-sciences, chargé d'un cours complémentaire de Chimie industrielle et agricole à la Faculté des Sciences de Rennes, est chargé d'un cours de Chimie à la Faculté des Sciences de Toulouse.

M. Manouvrier, directeur-adjoint du Laboratoire d'Anthropologie à l'Ecole pratique des Hautes Etudes, est nommé directeur de ce laboratoire, en remplacement de M. Laborde, décédé.

M. Guignard, directeur de l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, est nommé directeur, pour trois ans, de ladite Ecole.

M. Alezais, docteur en Médecine, docteur ès-sciences, est nommé professeur d'Anatomie pathologique à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie de Marseille.

M. L. Bertrand, professeur de Géologie et Minéralogie à la Faculté des Sciences de Toulouse, est nommé Professeur de Géologie à cette Faculté.

M. Caralp, docteur ès-sciences, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Toulouse, est nommé professeur de Minéralogie à cette Faculté.

Enseignement colonial de l'Université de Nancy. — Nous avons signalé, l'an dernier, qu'une *Section d'Etudes Coloniales* était organisée avec la collaboration des quatre Facultés et avec le concours de l'Ecole Forestière et de l'Ecole Supérieure de Commerce de Nancy. Ce nouvel enseignement a fonctionné, cette année, avec 29 étudiants immatriculés à la Faculté des Sciences, et un grand nombre d'auditeurs réguliers, parmi lesquels figurent les élèves de deuxième année de l'Ecole Forestière qui suivent le cours nouveau de Forêts Coloniales.

Après le Diplôme d'Etudes supérieures Agronomiques qui peut être obtenu avec la mention « Etudes Coloniales », un *Diplôme d'Etudes Coloniales* a été créé en 1903. Il peut être obtenu avec deux mentions distinctes : 1° Sciences Forestières Coloniales; 2° Sciences Economiques et Commerciales.

L'Université de Nancy vient de réaliser définitivement l'affiliation de l'Ecole Supérieure de Commerce à sa Section d'Etudes Coloniales. Grâce à cette entente, l'Ecole de Commerce et l'Université échangent des étudiants, ou immatriculent doublement des étudiants qui sont communs aux deux enseignements. Cette pénétration était facilitée par ce fait que l'Enseignement commercial était déjà donné à Nancy, presque en totalité, par des professeurs des Facultés.

Ainsi, dès cette année, l'Université de Nancy est la première en France à offrir officiellement un Enseignement Commercial supérieur qui vient s'ajouter à ses Instituts techniques. Les enseignements Agronomiques, Forestiers, Commerciaux et Coloniaux se prêtent un mutuel appui.

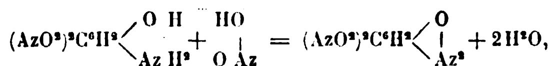
La brochure spéciale, exposant l'organisation de l'Enseignement Colonial, mentionne que les anciens Elèves des Ecoles supérieures de Commerce peuvent postuler le Diplôme d'Etudes Coloniales de l'Université de Nancy. Il leur suffit, en effet, de compléter leurs connaissances en une année d'Etudes Coloniales spéciales. Comme on le voit, l'Université de Nancy développe de plus en plus les enseignements qui préparent à la vie active. Dès maintenant elle réalise, à côté de ses chaires de sciences pures, une véritable Ecole Supérieure Technique de l'Université.

L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LES COMPOSÉS DIAZOÏQUES AROMATIQUES

Les composés diazoïques aromatiques, découverts par Griess dans des recherches devenues classiques[1], se sont révélés dans la suite comme des substances de la plus haute importance pour le développement de la Chimie, à la fois au point de vue scientifique et au point de vue industriel. Le point de départ de ces investigations, si pleines de promesses, fut une étude comparative de l'asparagine et de l'acide picramique. Ces substances, qui, en 1858, étaient considérées comme des composés du même type, se comportent d'une façon toute différente vis-à-vis de l'acide nitreux, l'asparagine perdant tout son azote, tandis que l'acide picramique échange trois de ses atomes d'hydrogène contre un d'azote en donnant naissance au composé diazoïque le plus anciennement connu, l'oxyde de dinitrodiazophénol.

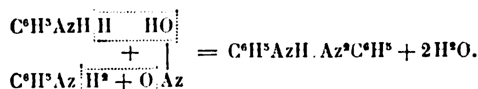
Il est intéressant de noter, en passant, que, quoique l'élimination de l'azote aminique par l'action de l'acide nitreux soit caractéristique, non seulement de l'asparagine, mais aussi de la plus grande partie des composés aminés aliphatiques, la préparation des dérivés diazoïques aliphatiques n'en a pas moins été réalisée ; le nouveau champ ouvert par Curtius[2] avec la découverte du diazoacétate d'éthyle s'est montré des plus riches et a abouti à l'isolement de l'hydrazine, de l'acide hydrazoïque et du diazo-méthane. Toutefois, nous n'étudierons pas ces dérivés dans cet article, où nous nous bornerons à considérer la classe, déjà très vaste, des composés diazoïques aromatiques.

L'action de l'acide nitreux sur l'acide picramique est aujourd'hui interprétée de la façon suivante :



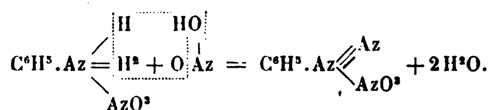
le produit final étant considéré comme le sel interne ou l'ésoanhydride de l'hydrate de dinitrodiazophénol[3].

Griess étendit cette réaction à l'aniline, et aboutit à la production du diazoaminobenzène :



[1] *Annalen der Chemie*, 1858, t. CVI, p. 123 ; 1860, t. CXIII, p. 201 ; 1866, t. CXXXVII, p. 39.
[2] *Berichte*, 1883, t. XVI, p. 2230.
[3] HANTZSCH : *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 1256.

Enfin, une modification des conditions expérimentales conduisit à la découverte du nitrate de benzènediazonium :



Ces trois substances, l'ésoanhydride, la diazoamine et le sel de diazonium, contenant chacune un complexe diazoïque Az^2 attaché à un noyau aromatique, sont des exemples typiques de trois classes importantes de composés diazoïques aromatiques. Le procédé par lequel on convertit le sel d'une amine aromatique primaire dans le composé de diazonium correspondant est appelé diazotation. Nous allons d'abord étudier cette importante opération.

I. — Préparation et applications pratiques des composés diazoïques.

§ 1. — La diazotation.

La substance formée par l'action des vapeurs nitreuses sur une solution aqueuse froide de nitrate d'aniline, le nitrate de benzènediazonium, est un sel fortement explosible et très soluble dans l'eau ou l'alcool. A cause de ces propriétés, l'isolement du sel, ainsi que du chlorure et du sulfate correspondants, constitue une opération difficile et dangereuse ; c'est pourquoi, pendant de longues années, les propriétés des substances diazoïques furent étudiées dans les solutions obtenues par l'action des nitrites alcalins sur les bases aromatiques primaires dissoutes dans un excès d'acide dilué et refroidi. On a constaté, par des déterminations colorimétriques et électrolytiques de la vitesse de cette réaction, qu'en l'absence d'influences étrangères toutes les amines aromatiques sont diazotées à peu près au même degré[1].

Cependant, il est quelquefois nécessaire d'opérer avec des sels de diazonium secs ; on les prépare par l'action du nitrite d'amyle sur les solutions des sels d'amines dans l'alcool absolu[2] ou l'acide acétique glacial[3]. On doit éviter un excès d'acide dans ces

[1] HANTZSCH et SCHUMANN : *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 1691 ; 1900, t. XXXIII, p. 527.
[2] KNOEVENAGEL : *Berichte*, 1890, t. XXIII, p. 2094 ; BAMBERGER : *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 446.
[3] HANTZSCH : *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 92 ; 1901, t. XXXIV, p. 3337.

préparations, car les chlorures de diazonium dérivés des anilines substituées par des halogènes se combinent avec l'acide chlorhydrique pour former des sels acides[1] du type $RAz^2Cl.HCl$ et $3RAz^2Cl.HCl$, produits moins stables que les sels normaux.

Bamberger a montré que le chlorure de benzènediazonium pur, dissous dans l'eau, présente une réaction neutre et diffère, à cet égard, du chlorhydrate d'aniline, dont la solution est acide par suite de la dissociation hydrolytique du sel. Ce résultat montre que le diazonium est une base plus forte que l'amine aromatique primaire correspondante.

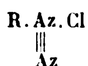
Griess a trouvé que l'introduction d'un sel de diazonium dans la solution alcaline d'un phénol provoque **la** formation d'une substance à coloration intense dans laquelle le complexe diazoïque —Az:Az— est lié à un second noyau aromatique :



$$C^6H^5Az^2Cl + HC^6H^4OH = C^6H^5Az^2.C^6H^4OH + HCl.$$

Ces produits, appelés *composés azoïques*, se forment également soit par la réduction et la réunion de deux molécules d'un composé nitré, soit par la condensation des composés nitrosés avec les amines primaires[2].

En raison de leur facilité de condensation pour donner des composés azoïques et de leur rapide réduction en hydrazines, on a admis pendant longtemps que les sels de diazonium possédaient la constitution R.Az:Az.Cl, formule suggérée par Kékulé, quoique, à diverses reprises, Strecker, Erlenmeyer et Blomstrand aient défendu la cause du symbole :



$$\begin{array}{c}R.Az.Cl\\ |||\\ Az\end{array}$$

D'après la première hypothèse, qui a généralement prévalu jusqu'en 1894, les bases diazonium sont des substances du type oxime RAz:AzOH; cette formule, qui s'accorde d'une façon satisfaisante avec le fait, reconnu d'abord par Griess, que l'hydrate de benzènediazonium forme un dérivé potassique, n'est pas opposée à la manière générale dont se comportent ces bases et leurs sels quand on les emploie dans les diverses opérations synthétiques qui ont attiré sur elles l'attention des savants. Nous étudierons donc d'abord leurs applications sans préjuger de leur constitution, dont nous réserverons l'examen pour un chapitre ultérieur.

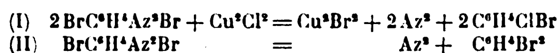
§ 2. — Les composés diazoïques comme agents de synthèse chimique.

1. *Substitution de* AzH^2 *par* Cl, Br, I, CAz, CAzO *ou* CAzS. — Les recherches de Griess sur la production des dérivés halogénés des hydrocarbures aromatiques n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt historique, car les méthodes communément employées à l'heure actuelle sont dues à Sandmeyer[1] et à Gattermann[2]. Ce dernier a étendu la portée de ce procédé de synthèse en démontrant que les radicaux cyanique (CAzO) et sulfocyanique (CAzS) peuvent aussi être introduits dans le noyau aromatique par l'emploi d'un sel de diazonium aromatique.

Le cours de la réaction entre les dérivés diazonium et les sels cuivreux (Sandmeyer) ou la poudre de cuivre (Gattermann) a fait l'objet d'études récentes de Hantzsch[3], dont les conclusions peuvent être résumées comme suit :

La réaction de Sandmeyer est complexe et le résultat final est dû à l'effet simultané de trois actions concourantes : 1° la formation d'un sel labile double de cuivre (cuivreux) et de diazonium, qui subit une décomposition subséquente de telle sorte que le radical primitivement lié au cuivre émigre dans le noyau aromatique ; 2° une action catalytique, qui devient l'action principale lorsqu'on emploie de la poudre de cuivre, et par laquelle de l'azote est éliminé du sel diazoïque de telle sorte que le radical acide s'attache directement au noyau aromatique ; 3° la formation d'un composé azoïque, qui est accompagnée de l'oxydation du sel cuivreux en sel cuprique.

L'effet concourant des deux premières réactions a été démontré en soumettant le bromure de *p*-bromobenzènediazonium sec à l'action du chlorure cuivreux dissous dans le sulfure de méthyle. Le produit consiste principalement en *p*-bromochlorobenzène mélangé avec un peu de *p*-dibromobenzène :



$$\begin{array}{llcl}(I) & 2BrC^6H^4Az^2Br + Cu^2Cl^2 & = & Cu^2Br^2 + 2Az^2 + 2C^6H^4ClBr\\ (II) & BrC^6H^4Az^2Br & = & Az^2 + C^6H^4Br^2\end{array}$$

Le bromure cuivreux et le chlorure de *p*-bromobenzènediazonium fournissent du *p*-dibromobenzène contenant un peu de *p*-chlorobromobenzène. Dans les deux cas, la première réaction prédomine, et elle peut, dans certaines conditions, prévaloir, à l'exclusion complète de la seconde. L'iodure cuivreux, par exemple, donne naissance à des dérivés iodés seulement avec les divers chlorures et bromures de diazonium; d'autre part, l'action du chlorure cuivreux sur l'iodure de benzènediazonium donne seulement du chlorobenzène sans accompagnement d'iodobenzène.

2. *Remplacement de* AzH^2 *par* AzO^2. — L'introduction du nitroxyle par l'intermédiaire du sel de

[1] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 1148 et 1153.
[2] C. Mills : *Trans. of. the Chem. Soc.*, 1895, t. LXVII, 925.

[1] *Berichte*, 1884, t. XVII, p. 2650.
[2] *Berichte*, 1890, t. XXIII, p. 1218; 1892, t. XXV, p. 1074.
[3] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 2544.

diazonium a été d'abord indiquée par Sandmeyer, puis généralisée par Hantzsch[1] dans les expériences suivantes :

1° Le sel double cristallisé $Hg(AzO^2)^2.2C^6H^5Az^2.AzO^3$ (fondant à 76°), qu'on obtient en mélangeant des solutions de nitrate de benzènediazonium et de nitrite de potassium et de mercure, se décompose par ébullition avec l'eau en donnant du phénol et du nitrophénol; traité par la poudre de cuivre, il se transforme quantitativement en nitrobenzène. 2° Les sulfates de diazonium, mêlés à une suspension fraichement préparée de sulfate cuprocuprique et traités par un excès de nitrite alcalin, donnent naissance aux dérivés nitrés correspondants : le sulfate de 2:4:6-tribromobenzènediazonium, par exemple, donne un rendement de 65 °/₀ en 1-nitro-2:4:6-tribromobenzène.

Le β-nitronaphtalène, qui ne s'obtient que très difficilement par d'autres procédés, peut être produit par cette méthode aux dépens de la β-naphtylamine avec un rendement de 25 °/₀, tandis que Sandmeyer, qui employait l'oxyde cuivreux et le nitrite de diazonium, n'obtenait qu'un rendement de 7 °/₀[2].

3. *Formation de systèmes conjugés* R.R *ou* R.Az:Az.R. — La troisième réaction signalée par Hantzsch peut être rendue plus apparente en renversant l'ordre habituel du mélange et en ajoutant le chlorure cuivreux dissous dans l'acide chlorhydrique à la solution froide du sel de diazonium. Dans ces conditions, l'aniline, l'*o*-chloraniline, les *o*- et *p*-toluidines donnent naissance à des quantités appréciables de composés azoïques. Les amines nitrées, par contre, se comportent tout différemment, en fournissant des dérivés diphényliques: on obtient ce résultat avec les trois nitranilines, l'*o*-nitro-*p*-chloraniline et l'acide *o*-nitraniline-*p*-sulfonique[3] :



$$2AzO^2.C^6H^4Az^2Cl + Cu^2Cl^2 = AzO^2.C^6H^4.C^6H^4.AzO^2 + 2Az^2 + 2CuCl^2.$$

Ce type de condensation peut être également réalisé par l'emploi d'oxyde cuivreux en solution dans l'ammoniaque ou l'hydroxylamine[4].

4. *Introduction du radical sulfonique* SO^3H. — La substitution de AzH^2 par SH a été réalisée pour la première fois par Leuckart[5], qui traitait le sel de diazonium par un xanthate alcalin et hydrolysait le xanthate aromatique ainsi produit; il obtenait soit le thiophénol, soit le disulfure qui en résulte par oxydation. L'un ou l'autre de ces produits fournit l'acide sulfonique correspondant par traitement avec un permanganate alcalin en solution[1].

La formation des acides sulfiniques par l'action directe de l'acide sulfureux sur les sels de diazonium paraît avoir été observée d'abord par Muller et Wiesinger[2]. Un procédé simple, dû à Gattermann[3], fut découvert accidentellement au cours d'une étude sur le chlorure d'*o*-méthoxybenzènediazonium; le chimiste allemand trouva que ce sel, traité par l'acide sulfureux, fournit un sulfite de diazonium qui, mélangé à du cuivre en poudre, dégage de l'azote et donne naissance à l'acide sulfinique correspondant; celui-ci est oxydé ultérieurement au moyen d'une solution de permanganate.

En général, la réaction a lieu plus facilement avec le sulfate de diazonium, une solution froide de ce sel dans un grand excès d'acide sulfurique étant saturée par SO^2 et finalement traitée par la poudre de cuivre :



$$RAz^2HSO^4 \rightarrow RAz^2SO^2H \rightarrow Az^2 + RSO^2H.$$

Dans le cas des naphtylamines diazotées, il est préférable de verser leurs solutions dans le mélange de cuivre réduit et d'acide sulfureux.

Ces procédés pour la production des acides sulfoniques n'ont, toutefois, pu être appliqués avec succès aux sels de diazonium dérivés des amines aromatiques nitrées.

5. *Remplacement du radical diazoïque par l'hydrogène.* — La méthode employée à l'origine pour l'élimination du radical diazoïque consistait à faire bouillir le chlorure de diazonium avec de l'alcool absolu; cette opération ne donne, cependant, pas invariablement le résultat désiré, et Hantzsch[4] a accumulé les faits en faveur de l'hypothèse que la décomposition normale d'un sel de diazonium par un alcool conduit à la formation d'un phénoxyde alkylique. Le chlorure ou le sulfate de benzènediazonium, bouilli avec l'alcool méthylique, fournit de l'anisol, non accompagné de benzène. L'augmentation du poids moléculaire de l'alcool ou l'accumulation de substituants négatifs dans le noyau aromatique diminue le rendement en éther et accroît le rendement en hydrocarbure. Les sels de benzènediazonium, traités par l'alcool éthylique, fournissent du phénétol et une trace de benzène; leurs dérivés chlorés et bromés, bouillis avec le même réactif, donnent des benzènes halogénés et

[1] *Loc. cit.*
[2] *Berichte*, 1887, t. XX, p. 1497.
[3] Ullmann et Forgan : *Ber.*, 1901, t. XXXIV, p. 3802; Niementowski : *Ber.*, 1901, t. XXXIV, p. 3325.
[4] *Annalen der Chemie*, 1902, t. CCCXX, p. 122.
[5] *Journ. fur prakt. Chemie*, [2], t. XLI, p. 218.

[1] F. Baeyer et Cie, D. R. P. 70286; Wynne et Bruce : *Trans.*, 1898, t. LXXIII, p. 738.
[2] *Berichte*, 1879, t. XII, p. 1348.
[3] *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 1136.
[4] *Berichte*, 1901, t. XXXIV, p. 3337.

non des éthers substitués, tandis que l'alcool méthylique les convertit en des mélanges constitués principalement par le phénoxyde substitué et une petite quantité d'hydrocarbure halogéné. On trouvera de nombreux exemples de cette réaction dans les travaux de Remsen et de ses élèves [1].

Dans le cas du chlorure de diphényltétrazonium, l'élimination du radical diazonium a lieu par deux étapes [2] :



Le retour à l'hydrocarbure correspondant s'effectue encore plus facilement par la méthode décrite par Baeyer et Pfitzinger [3], qui consiste à réduire le sel de diazonium en hydrazine par le chlorure stanneux et à éliminer ultérieurement le radical hydrazinique $AzH.AzH^2$ par ébullition avec une solution de sulfate cuprique.

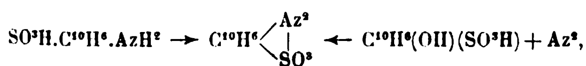
Le stannite de sodium a été également recommandé comme agent de réduction des sels de diazonium en hydrocarbures [4] :



Enfin, Mai a trouvé récemment [5] que le chlorure de *p*-toluènediazonium, additionné à une solution concentrée d'acide hypophosphoreux, donne naissance à du toluène avec un rendement de 67 %. Le chlorure de benzènediazonium donne un mélange de benzène (2 parties) et de diphényle (1 partie), tandis que la benzidine et l'α-naphtylamine diazotées fournissent respectivement du diphényle et du naphtalène.

6. *Substitution de* AzH^2 *par* OH. — Le remplacement de AzH^2 par OH, quoique constituant une opération synthétique de la plus grande importance, ne peut guère être considéré comme une des applications modernes des sels de diazonium, car le procédé encore employé de nos jours, l'ébullition de la solution aqueuse du sel de diazonium, est un legs des premières recherches de Griess dans ce domaine.

Comme exemples de l'application de cette méthode, nous pouvons citer la fabrication des acides 1:4 et 1:8-α-naphtolsulfoniques au moyen des composés aminés correspondants :



et la production de l'acide 1:8-dihydroxynaphtalène-3:6-disulfonique (acide chromotrope).

7. *Substitutions diverses.* — Il existe beaucoup d'autres modes de réaction qui, quoique de moindre importance au point de vue synthétique, ne laissent pas d'avoir un grand intérêt en montrant le caractère extrêmement réagissant des sels de diazonium.

a. Les groupes aminés de certains dérivés azoïques de la β-naphtylamine sont remplacés par le radical acétoxyle quand ces substances sont diazotées dans l'acide acétique glacial chaud [1]. Orndorff [2] a montré que cette réaction peut être employée d'une façon générale à la production des acétates aromatiques.

b. Un exemple remarquable de changement intramoléculaire a été noté par Hantzsch durant l'étude des thiocyanates de chloro- et bromo-diazonium [3]. Ces sels, dissous dans de l'alcool contenant une trace d'acide chlorhydrique, se convertissent dans les chlorures et bromures isomères de thiocyanobenzènediazonium :



Ce changement a lieu seulement lorsque l'atome d'halogène est en position ortho ou para par rapport au groupe diazonium ; la tranformation ne se produit pas avec le thiocyanate de *m*-chlorobenzènediazonium.

L'étendue extrême de ce réarrangement nous est indiquée par le cas-limite suivant : le sulfate de 2:4:6-tribromobenzènediazonium, en présence d'un excès de thiocyanate de potassium, donne naissance au thiocyanate de 2:4:6-trithiocyanobenzènediazonium.

c. Un autre cas extrêmement intéressant de réarrangement moléculaire est la conversion des chlorures de bromodiazonium dans les bromures de chlorodiazonium isomères [4]. Cette transformation, qui a été étudiée quantitativement, est un changement mono-moléculaire, soumis aux lois suivantes :

1° Seuls les atomes de brome placés en position para ou ortho par rapport au radical diazonium subissent la substitution, les atomes situés en ortho étant le plus facilement déplacés. Les dérivés métabromés ne sont pas affectés ;

2° La facilité de substitution augmente avec le nombre d'atomes de brome présents ;

3° La constante de tranformation, calculée d'après l'équation $K = 1/t \log a(a - x)$, augmente

[1] *American Chem. Journ.*, t. XV, p. 105 ; t. XIX, p. 531, 547, 561.
[2] *Berichte*, 1898, t. XXXI, p. 479.
[3] *Berichte*, 1885, t. XVIII, p. 90, 786 ; comparez BRUCE et WYNNE ; *loc. cit.*
[4] FRIEDLAENDER : *Berichte*, 1889, t. XXII, p. 587.
[5] *Berichte*, 1902, t. XXV, p. 162.

[1] MELDOLA et EAST : *Trans. of. the chem. Soc.*, 1888, t. LIII, p. 460.
[2] *American chemical Journ.*, 1888, t. X, p. 368.
[3] *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 947 ; 1898, t. XXXI, p. 1253.
[4] HANTZSCH : *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 2334 ; 1900, t. XXXIII, p. 505 ; *Journ. fur prakt. Chem.*, t. XXVII, p. 98.

avec la température, et est également influencée par le solvant : elle possède une valeur minimum dans l'eau et s'accroît en suivant la série des alcools.

Les sels de diazonium contenant deux atomes de brome sont stables à l'état sec, mais se transforment rapidement dans l'alcool éthylique; le chlorure de 2:4:6-tribromobenzènediazonium se transforme déjà à l'état sec.

d. On obtient les dibenzoylhydrazines RAz (COC^6H^5) Az(COC^6H^5)R en traitant les sels de diazonium par une suspension aqueuse de chlorure de benzoyle et de poudre de cuivre[1].

§ 3. — Emploi des composés diazoïques à la production des matières colorantes azoïques.

1. *Composés aminoazoïques.* — L'action d'un sel de diazonium sur une amine aromatique primaire donne naissance à une diazo-amine ou à un composé amino-azoïque suivant que le radical diazoïque reste attaché à l'azote aminique ou émigre dans le noyau aromatique. L'aniline, ses homologues et ses produits de substitution fournissent des diazoamines, qui sont fréquemment aptes à subir un réarrangement en composés amino-azoïques; ce changement s'effectue, soit en conservant la diazoamine en solution alcoolique, soit en la chauffant avec un mélange de la base correspondante et de son chlorhydrate. Ce dernier mode de transformation a été étudié quantitativement par Goldschmidt et ses élèves[2], qui sont parvenus aux résultats suivants :

La transformation du diazoaminobenzène en aminoazobenzène dans une solution d'aniline contenant du chlorhydrate d'aniline est une réaction monomoléculaire, la vitesse de transformation, en solution modérément diluée, étant proportionnelle à la température et à la quantité de catalysateur (chlorhydrate d'aniline), mais indépendante de la concentration. Le benzènediazoamino-*p*-toluène, dissous dans l'aniline renfermant son chlorhydrate, est converti en diazoaminobenzène et *p*-toluidine, la diazoamine résultante subissant la transformation prévue par les règles précédentes.

Cette conversion a lieu plus lentement quand le radical diazoïque est situé en position ortho par rapport au groupe aminé. La constante de transformation du diazoaminobenzène à 45° est égale à 0,081, tandis que la valeur de ce coefficient pour le diazoamino-*p*-toluène est seulement de 0,0095, les solutions employées étant, dans les deux cas, seminormales.

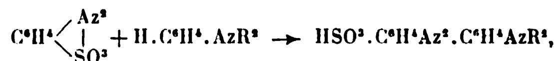
L'existence de composés diazoaminés intermédiaires analogues et de dérivés diazohydroxydés dans les matières colorantes azoïques commerciales a été démontrée récemment par Vaubel[1].

Quoique l'aniline et d'autres amines primaires benzénoïdes donnent naissance à des diazoamines lorsqu'on les traite par les sels de diazonium, leurs dérivés dialkylés contenant une position para libre par rapport à l'azote fournissent rapidement des composés azoïques du type du méthylorange. La formation de ces matières colorantes est soumise aux lois suivantes[2] :

1° La vitesse de formation du composé aminoazoïque dépend seulement de la nature des réactifs et non de la concentration;

2° En copulant le chlorhydrate d'une base tertiaire avec l'acide diazobenzène-sulfonique, la réaction a lieu entre le composé diazoïque et la base mise en liberté par dissociation hydrolytique de son sel.

Ces lois ont été déduites des faits suivants : La concentration du chlorhydrate de la base ou du composé diazoïque n'a pas d'influence sur la vitesse de condensation. Un excès d'acide chlorhydrique diminue cette vitesse. La formation du méthylorange ou de la matière colorante éthylée correspondante :



$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}Az^2\\|\\SO^3\end{matrix}\right. + H.C^6H^4.AzR^2 \rightarrow HSO^3.C^6H^4Az^2.C^6H^4AzR^2,$$

lorsqu'elle a lieu en présence de différents acides (comme les acides acétique, mono, di- et trichloracétique, chlorhydrique), se produit plus rapidement avec l'acide le plus faible, la vitesse diminuant à mesure que la constante d'affinité de l'acide augmente.

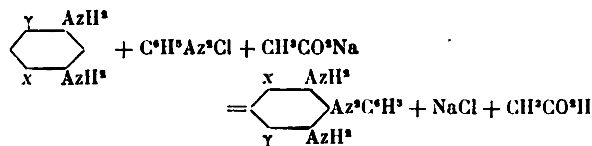
Les dérivés azoïques des méta-diamines aromatiques, quoique figurant parmi les plus vieilles matières colorantes, sont encore fabriqués aujourd'hui sur une grande échelle pour la teinture. Le brun Bismarck, qui a été préparé pour la première fois bien avant que la nature exacte de la réaction diazoïque fut élucidée, est toujours employé dans les arts, et la composition précise du produit commercial n'a été établie que récemment par les recherches de Täuber[3].

La chrysoïdine, mentionnée d'abord par Witt[4], maintient également sa position parmi les nouvelles matières colorantes. Ses homologues et ses produits de substitution peuvent être facilement et quantitativement préparés avec l'un quelconque des dérivés de la *m*-phénylènediamine, pourvu que

[1] *Berichte*, 1902, t. XXXV, p. 1964.
[2] *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 1369 et 1899.

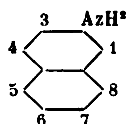
[1] *Zeit. Farben und Textilchem.*, 1902, t. I, p. 3.
[2] GOLDSCHMIDT et MERZ : *Ber.*, 1897, t. XXX, p. 670 et 2075.
[3] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 2111, 2899; 1900, t. XXXIII, p. 2116.
[4] *Berichte*, 1877, t. X, p. 656.

celui-ci contienne au moins une position para libre par rapport au radical aminé. Si cette condition n'est pas remplie, la production d'un composé azoïque, quoique toujours possible si la diamine contient une position ortho libre par rapport à l'azote, n'en est pas moins considérablement diminuée. J'ai montré la formation de dérivés azoïques aux dépens des *m*-diamines primaires bisubstituées symétriques [1], mais la réaction :



a lieu avec une grande difficulté et le rendement en composé azoïque est faible; en outre, l'alkylation complète des radicaux aminiques empêche cette condensation [2].

Dans le cas des naphtylamines et de leurs acides sulfoniques, la formation des composés ortho et para-amino-azoïques a lieu également bien; la β-naphtylamine :



par contre, donne seulement des dérivés azoïques quand les positions 1 et 8 sont inoccupées. La présence des radicaux substituants dans l'une de ces positions conduit à la formation de diazoamines [3], et le groupe diazoïque paraît n'avoir aucune tendance à émigrer en position 3.

2. *Composés hydroxyazoïques.* — La formation du benzèneazophénol par l'action du chlorure de benzènediazonium sur une solution alcaline de phénol est un exemple typique de la méthode de préparation de cette importante classe de substances. Goldschmidt [4] a trouvé que les agents essentiels de cette réaction sont le diazo-hydroxyde et le phénol mis en liberté par hydrolyse de son dérivé alcalin. Un excès d'alcali empêche la condensation, dont la vitesse diminue à mesure que la concentration du phénol ou du diazoïque augmente.

Quoique, à première vue, le mode de formation des composés hydroxyazoïques semble restreindre le champ des hypothèses sur la constitution de ces produits, celle-ci a cependant été, pendant plusieurs années, le sujet d'une vive controverse. La discussion provenait du fait que certains de ces composés hydroxyazoïques peuvent être aussi préparés par condensation des hydrazines aromatiques avec les quinones; le 4-benzène-azo-α-naphtol, par exemple, peut être obtenu soit avec le chlorure de benzènediazonium et l'α-naphtol, soit avec la phénylhydrazine et l'α-naphtoquinone. De même, le 2-benzèneazo-α-naphtol correspondant se forme soit comme produit accessoire dans la première de ces réactions, soit par l'action de la phénylhydrazine sur la β-naphtoquinone; ces méthodes alternatives de formation peuvent être représentées de la façon suivante :

1° Condensation azoïque :



$$C^6H^5Az^2OH + H\,C^{10}H^6OH = H^2O + C^6H^5.Az^2.C^{10}H^6OH.$$

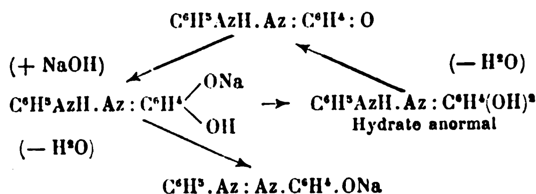
2° Condensation hydrazonique :



$$C^6H^5AzH.AzH^2 + O\,C^{10}H^6O = H^2O + C^6H^5AzH.Az:C^{10}H^6O.$$

Comme les deux réactions donnent naissance à une substance identique, il s'ensuit qu'un réarrangement moléculaire s'est produit pendant l'une ou l'autre de ces deux condensations. Ce problème, qui a été attaqué pendant plusieurs années par des méthodes purement chimiques [1], a été abordé plus récemment par le côté physico-chimique; mais on ne peut pas encore dire que la question ait été définitivement tranchée. Les déterminations cryoscopiques faites par Auwers et ses élèves [2] indiquent que seuls les composés orthohydroxyazoïques sont des quinones-hydrazones; les dérivés para sont de nature phénolique. Une preuve chimique de la formule azoïque des composés para-hydroxy a été donnée par Hewitt [3], tandis que les recherches de Noelting [4] montrent que ces substances peuvent aussi réagir comme hydrazones.

La question a été reprise de nouveau par Hantzsch, qui place les composés hydroxyazoïques dans la catégorie des pseudoacides. Ce sont des substances acidiques, d'une configuration différente de celle de leurs sels, un changement tautomérique ayant lieu pendant la formation des dérivés métalliques :



[1] Morgan : *Trans Chem. Soc.*, 1902, t. LXXXI, p. 86.
[2] *Trans. Chem. Soc.*, 1902, t. LXXXI, p. 650.
[3] Witt : *Ber.*, 1888, t. XXI, p. 3483; Morgan : *Trans.*, 1902, t. LXXXI, p. 91.
[4] *Loc. cit.*

[1] Liebermann : *Ber.*, 1883, t. XVI, p. 2858; Zincke : *Ber.*, 1884, t. XVII, p. 3026; 1887, t. XX, p. 3171; Meldola : *Trans.*, 1889, t. LV, p. 114, 603.
[2] *Zeitsch. f. physik. Chem.*, t. XXI, p. 355; *Ber.*, 1900, t. XXXIII, p. 1302.
[3] *Trans. of. the Chem. Soc.*, 1900, t. LXXVII, p. 99, 712, 810.
[4] *Berichte*, 1887, t. XX, p. 2997.

La substance $C^6H^5AzH.Az:C^6H^4:O$ est un non-électrolyte; donc, son sel, lorsqu'il est dissous, doit subir la dissociation hydrolytique; toutefois, ce n'est pas le cas, le dérivé métallique se comportant comme le sel d'un phénol négativement substitué. Les hydrates des azo-phénols isolés par Hewitt[1] contiennent seulement une demi-molécule d'eau; mais on a obtenu[2] le composé $Cl.C^6H^4AzH.Az:C^6H^3(CH^3)(OH)^2$, qui correspond à l'hydrate anormal requis par l'hypothèse de Hantzsch.

La fabrication des composés hydroxyazoïques et aminoazoïques a pris une importance considérable grâce au fait que les produits de l'action de la benzidine, de la toluidine et de l'*o*-dianisidine diazotées sur les acides sulfoniques des amines et phénols naphtalénoïdes ont la propriété précieuse de teindre le coton non mordancé, — qualité qui est aussi partagée par les dérivés azoïques de la primuline et de la déhydrothio-*p*-toluidine, amines sulfurées découvertes par Green[3].

Le sel de soude de la primuline sulfonée peut lui-même être fixé sur coton, et, après avoir été diazoté sur la fibre et traité par une solution du phénol ou de l'amine convenable, il donne naissance à un composé azoïque insoluble qui, d'après sa méthode de formation, est appelé une matière colorante d'imprégnation.

Ces composés azoïques insolubles peuvent être également produits en imprégnant d'abord le textile avec un phénol, et traitant ensuite cette matière par la solution d'un sel de diazonium. C'est au cours d'une recherche sur les composés diazoïques employés à la production de ces composés azoïques substantifs que Schraube et Schmidt isolèrent les premiers les composés dits isodiazoïques[4]. Cette importante découverte a inauguré une nouvelle ère de recherches sur les composés diazoïques, et produit un réveil de la discussion de leur constitution, ce qui nous amène tout naturellement à traiter cette importante question.

II. — Constitution des composés diazoïques.

§ 1. — Dérivés diazoïques métalliques.

Les *iso*-diazooxydes alcalins, découverts par Schraube et Schmidt, se préparent en ajoutant une solution de sel de diazonium à une solution concentrée chaude d'un hydrate alcalin. La présence de radicaux négatifs dans le noyau aromatique du sel de diazonium facilite la transformation; la conversion du chlorure de *p*-nitrobenzène-diazonium s'effectue même à — 10°, tandis que le réarrangement du composé diazonium non substitué exige une solution alcaline très concentrée et une température de 130° à 140°. Les composés diazoïques les plus acidiques sont transformés même par l'action des carbonates alcalins[1]. On a d'abord supposé que ces *iso*-diazooxydes étaient des dérivés métalliques des nitrosamines aromatiques primaires, la transformation ayant lieu d'après l'équation suivante :



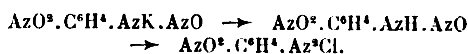
$$C^6H^5Az^2Cl + 2KOH = KCl + H^2O + C^6H^5AzK.AzO.$$

Cette hypothèse trouvait un appui dans le fait que ces dérivés métalliques présentent peu ou pas de tendance à former des composés azoïques avec les solutions alcalines de phénols; en outre, ils donnent par alkylation des nitrosamines d'amines secondaires :



$$RAzK.AzO \rightarrow RAzCH^3.AzO.$$

Mais Pechmann a montré que la formule des nitrosamines est insuffisante à rendre compte de toutes les réactions des *iso*diazooxydes; il obtint, du sel d'argent de l'*iso-p*-nitrobenzènediazooxyde, un éther oxygéné $AzO^2C^6H^4Az^2OCH^3$; ce dérivé méthylique possède les propriétés d'un sel de diazonium, fournit des composés azoïques avec les phénols et une diazoamine avec l'aniline; il dégage de l'azote par ébullition avec l'eau, avec formation simultanée de *p*-nitrophénol. Il s'ensuit que l'hydrate correspondant à ces dérivés métalliques présente le phénomène du tautomérisme. En neutralisant par un acide faible le sel potassique de l'oxyde *iso-p*-nitrobenzènediazoïque, il se produit une substance jaune, qui montre d'abord peu de tendance à former des composés azoïques avec le β-naphtol ou son acide disulfonique; mais, mis en contact avec un acide minéral dilué, ce produit se dissout lentement, et le composé soluble obtenu a toutes les propriétés du sel de diazonium original. Ce changement peut être représenté de la façon suivante :



$$AzO^2.C^6H^4.AzK.AzO \rightarrow AzO^2.C^6H^4.AzH.AzO \rightarrow AzO^2.C^6H^4.Az^2Cl.$$

Cette restauration de la capacité de copulation avec les phénols après l'acidification a été d'abord considérée comme caractéristique des dérivés *iso*-diazoïques; mais cette réaction n'est pas très décisive, car les oxydes *iso*-diazométalliques eux-mêmes peuvent être copulés avec le β-naphtol dissous dans un hydrate alcalin, pourvu que la solution ne soit pas trop alcaline.

On a trouvé ensuite que l'oxyde benzènediazo-

[1] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 799; 1898, t. XXXI, p. 2118.
[2] *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 3089.
[3] *Trans.*, 1889, t. LV, p. 227.
[4] *Berichte*, 1894, t. XXVII, p. 520. Badische Anilin und Soda Fabrik, D.R.P. 78.874, 80.623, 81.134, 81.202.

[1] Schraube et Schmidt, et Badische Anilin und Soda Fabrik : *loc. cit.*

potassique existe sous deux modifications : la forme *iso*, d'abord mentionnée, et la forme normale, qui réagit avec les phénols baucoup plus rapidement que son isomère. Ce type d'isomérisme s'obtient généralement avec les oxydes diazométalliques, mais la présence de substituants négatifs dans le noyau aromatique diminue fortement la stabilité de la modification normale. Pour cette raison, il est généralement très difficile d'obtenir les deux isomères à l'état de pureté.

Des sels isomères ont été préparés, d'autre part, à l'aide de l'acide diazobenzènesulfonique; le sel de sodium basique normal, $NaOAz^2.C^6H^4.SO^3Na$, $4H^2O$, est obtenu en travaillant sur des solutions refroidies, tandis que le sel *iso* se sépare à l'état de cristaux anhydres par chauffage de la solution de son isomère. Ils sont tous deux fortement alcalins et se distinguent par la manière dont ils se comportent vis-à-vis du β-naphtol, le premier s'y combinant rapidement, tandis que le second ne montre cette propriété qu'à un faible degré. On a isolé les composés correspondants du potassium et l'on a préparé également des paires analogues de sels alcalins isomères de l'acide *p*-bromodiazobenzène-*o*-sulfonique [1].

Lorsqu'on commença l'étude des oxydes diazoïques isomères, il y eut une tendance générale à exagérer leurs différences, qui parurent, à l'origine, porter plus particulièrement sur les trois points suivants :

1° Capacité de copulation avec les phénols ou l'acétoacétate d'éthyle et les composés constitués d'une façon analogue;

2° Manière de se comporter vis-à-vis des agents d'alkylation, de réduction et d'oxydation;

3° Réaction avec le chlorure de benzoyle et les hydrates alcalins.

Nous allons reprendre de plus près chacun de ces points :

1° Les oxydes diazoïques normaux offrent la plus grande tendance à se combiner avec les phénols; mais, pour les deux isomères, le degré de formation des composés hydroxyazoïques dépend beaucoup de la nature du radical aromatique attaché au groupe diazoïque, et les diazo-hydrates isomères libres se combinent même plus rapidement aux phénols que leurs dérivés potassiques [2].

On a supposé d'abord que les oxydes *iso*-diazométalliques ne se condensent pas avec l'acétoacétate d'éthyle [3], différant essentiellement à ce point de vue des dérivés normaux qui sont connus

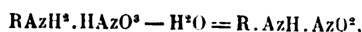
[1] Hantzsch : *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 2002; 1900, t. XXXIII, p. 2158; Gerilowski : *Ibid.*, p. 2317.
[2] Bamberger : *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 444.
[3] Schraube et Schmidt : *loc. cit.*

depuis longtemps pour fournir des produits de condensation avec cet éther [1]; mais Bulow a montré ultérieurement que les composés isodiazoïques donnent des hydrazones ou des dérivés azoïques aliphatiques-aromatiques mixtes [2]. Cette rectification, quoique suggérant l'identité de structure des oxydes normaux et isodiazoïques, ne permet pas de décider entre les deux formules R.Az : AzOH et R.AzH.AzO, à cause de l'incertitude qui existe toujours quant à la constitution des produits de condensation aromatiques et mixtes, ces substances étant regardées par les uns comme des dérivés azoïques, par les autres comme des hydrazones.

2° L'action de l'iodure de méthyle sur les oxydes *iso*-diazométalliques indique que l'hydrate isodiazoïque lui-même est une substance tautomérique, car le sel de potassium donne une nitrosamine $R.AzCH^3.AzO$, tandis que le sel d'argent fournit un éther oxygéné $R.Az:AzOCH^3$; cette substance est également produite par le dérivé argentique de l'hydrate diazoïque normal. Ce résultat montre que les hydrates diazoïques isomères correspondant aux deux dérivés argentiques ont la même formule de structure R.Az : Az.OH. Les éthers oxygénés contiennent le radical diazoïque Az : Az, car ils sont tous explosifs et peuvent être copulés facilement avec les phénols en solutions alcalines [3].

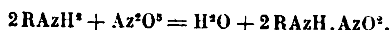
Les représentants des deux séries, traités par l'amalgame de sodium, fournissent les hydrazines correspondantes, pourvu que la réaction ait lieu en présence d'un excès d'hydrate alcalin [4].

Déjà avant la découverte des composés *iso*-diazoïques, Bamberger avait préparé des substances acidiques par oxydation des sels de diazonium en solutions alcalines; en répétant l'expérience avec les oxydes isodiazoalcalins, il obtint un meilleur rendement en produit d'oxydation [5]. Ces substances acidiques, les acides diazoïques aromatiques, s'obtiennent également soit en déshydratant les nitrates des amines aromatiques primaires :



$$RAzH^2.HAzO^3 - H^2O = R.AzH.AzO^2,$$

soit par l'action directe de l'anhydride nitrique sur ces bases :

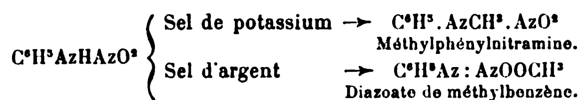


$$2RAzH^2 + Az^2O^5 = H^2O + 2RAzH.AzO^2.$$

Ils subissent rapidement un réarrangement moléculaire en donnant des nitroamines, le radical

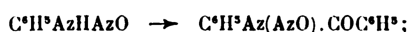
[1] Japp et Klingemann : *Berichte*, 1887, t. XX, p. 3398; *Annalen der Chemie*, 1888, t. CCXLVII, p. 190; Claissen et Bayer : *Ber.*, 1888, t. XXI, p. 1697.
[2] *Ber.*, 1898, t. XXXI, p. 3122; 1899, t. XXXII, p. 197.
[3] Bamberger ; *Ber.*, 1895, t. XXVIII, p. 225.
[4] Hantzsch : *Ber.*, 1898, t. XXXI, p. 340.
[5] *Berichte* : 1894, t. XXVII, p. 914.

nitroxyle entrant dans le noyau en position ortho ou para par rapport à l'azote aminique[1]. Ces propriétés indiquent que les acides diazoïques sont des nitramines; toutefois, ils se comportent comme des substances tautomères, car, tandis que leurs sels alcalins donnent naissance à des nitramines secondaires, leurs dérivés argentiques fournissent des éthers oxygénés :



L'éther méthylique oxygéné, bouilli avec une solution benzénique de β-naphtol, donne du benzèneazo-β-naphtol; cette condensation indique ses rapports avec les composés diazoïques.

3° Les oxydes normaux et *iso*-diazoïques, traités par le chlorure de benzoyle, fournissent avec une égale facilité la nitrosobenzanilide, pourvu que la réaction ait lieu en présence d'un grand excès d'hydrate alcalin. La quantité de dérivé benzoylique formée est très faible quand le mélange est peu alcalin, la diminution de rendement étant alors plus forte pour l'isomère normal[2]. Cette réaction, à première vue, semble en faveur de la formule des nitrosamines pour les oxydes diazoïques :

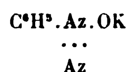


mais des expériences de von Pechmann[3] indiquent que le produit est une substance tautomérique, se comportant aussi comme si elle possédait la formule :

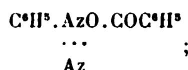


Ainsi condensée avec le β-naphtolate de soude, elle fournit le benzèneazo-β-naphtol, et, traitée par une solution froide de potasse, elle subit l'hydrolyse en donnant naissance à l'oxyde benzènediazopotassique; une certaine quantité de ce sel est aussi formée pendant la benzoylation de l'acide isodiazoïque.

Blomstrand, qui a soutenu la formule diazonium :



pour l'oxyde diazoïque normal[4], suppose que la formation du nitrosobenzanilide est due à la transformation du benzoate :



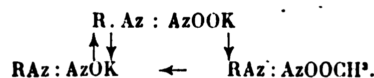
[1] Bamberger : *Berichte*, 1893, t. XXVI, p. 471 ; 1894, t. XXVII, p. 359, 584, 2601.
[2] Hantzsch : *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 621.
[3] *Berichte*, 1892, t. XXV, n° 3199.
[4] *Journ. f. prakt Chem.*, 1896, t. LIV, p. 329.

ce n'est, toutefois, pas le cas, car l'éther préparé au moyen du chlorure de benzènediazonium et du benzoate d'argent ne fournit aucune trace de composé nitrosé dans des conditions expérimentales similaires[1].

La formule d'oximes pour les oxydes *iso*-diazométalliques trouve également un appui dans le fait que l'oxyde benzène*iso*-diazoalcalin est produit par l'action de l'hydroxylamine sur le nitrosobenzène en solution alcaline[2] :



Comme les oxydes *iso*-diazoïques peuvent être oxydés dans les benzènediazoates correspondants et reproduits de ces substances ou de leurs éthers alkyliques par réduction avec l'amalgame de sodium, le cycle des changements peut être représenté comme suit :



§ 2. — **Relations stéréochimiques des oxydes diazoïques isomères.**

La façon dont se comportent les oxydes diazoalcalins isomères dans les réactions décrites précédemment justifie l'idée que les deux séries sont structuralement identiques et que les différences, relativement faibles, entre les dérivés diazoïques et isodiazoïques sont dues à un arrangement différent dans l'espace des radicaux associés au groupe diazoïque Az : Az. En conséquence, Hantzsch a suggéré que cet isomérisme est comparable à celui des oximes; ce dernier s'explique par la supposition que les modifications labile et stable renferment les radicaux associés d'une manière différente autour du complexe Az : CH



Les oxydes diazoïques correspondants seraient donc représentés ainsi :



L'hypothèse invoquée dans les deux cas est la même : c'est que la troisième affinité de l'azote trivalent doublement lié peut s'exercer dans l'une ou l'autre de deux directions définies. Si l'on est d'accord sur ce point, il n'y a plus guère de doute que les oxydes diazoïques normaux labiles possèdent la configuration *syn*, car, dans cette série, la

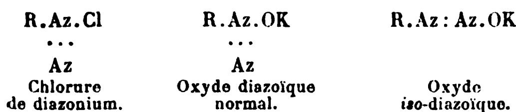
[1] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 366.
[2] Bamberger : *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 1218.

coalescence des radicaux associés contigus se produit rapidement par élimination de l'azote. Les dérivés isodiazoïques stables auront, par exclusion, la structure *anti*[1].

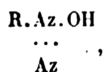
Il y a un point, cependant, où l'analogie entre les oximes et les oxydes diazoïques fait défaut: les oximes stéréo-isomériques donnent naissance à des éthers oxygénés isomériques, tandis que les deux oxydes diazoïques isomères fournissent le même éther oxygéné. Ces éthers oxygénés sont explosibles et se combinent avec les bases et les phénols en présence des hydrates ou des carbonates alcalins en donnant des composés azoïques. Ils sont placés par Bamberger dans la série normale ou *syn*[2]. Hantzsch, au contraire, pense que, par leur capacité de former des dérivés azoïques, ils ne diffèrent pas d'une façon marquée des dérivés *iso* ou *anti*-diazoïques. La relation exacte de ces éthers avec les oxydes diazométalliques ne peut guère être considérée comme élucidée.

Les oxydes *iso*- ou *anti*diazoïques offrent, sans aucun doute, le phénomène du tautomérisme, et, dans certaines conditions, réagissent selon la formule R.AzH.AzO, comme dans le cas des éthers alkylés à l'azote R.Az(alk.)AzO (nitrosamines aromatiques secondaires).

1. *Formules de structure pour les oxydes diazoïques isomères.* — L'hypothèse que les oxydes diazoïques isomères sont structuralement différents a été soutenue par Bamberger[3] et Blomstrand[4]; ces auteurs ont prétendu que l'oxyde diazoïque normal est un dérivé diazonium, ayant la même configuration que les sels de diazonium originaux. Il n'y a plus de divergence d'opinions quant à la formule oximique des oxydes *iso*-diazoïques; la seconde hypothèse peut donc être représentée graphiquement comme suit :



Une grave objection à cette théorie vient de l'hydrate de diazonium, qui, d'après le diagramme:



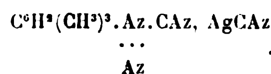
devrait agir non seulement comme acide, mais comme une base forte. Les difficultés qui proviennent de cette hypothèse seront examinées plus amplement dans la suite.

2. *Existence de sulfonates, de cyanures, etc..., syn-diazoïques.* — Hantzsch, qui a obtenu un benzènediazosulfonate de potassium rouge très instable, isomère avec le diazosulfonate jaune de Fischer, $C^6H^5.Az^2.SO^3K$, pensait que ces isomères appartiennent respectivement aux séries *syn* et *anti*-diazoïques[1]; mais Bamberger[2] s'est opposé à cette classification et a montré que le sel rouge possède les propriétés d'un sulfite $C^6H^5.Az^2.O.SO^2K$.

Le premier de ces savants a, d'autre part, réussi à isoler une série de cyanures diazoïques isomères[3]. Le chlorure de *p*-chlorobenzènediazonium, traité par une solution froide de cyanure de potassium, fournit un sel labile, qui dégage rapidement de l'azote et forme du *p*-chlorobenzonitrile par traitement avec la poudre de cuivre, et se transforme dans un isomère stable. Le dernier, qui n'est pas affecté par la poudre de cuivre et peut même être distillé dans la vapeur d'eau, est sans doute le cyanure *anti*-diazoïque, tandis que le dérivé labile appartient à la série *syn*-diazoïque. Les deux isomères ont une couleur jaune, et ce fait tend à exclure l'hypothèse d'après laquelle le dérivé labile est un cyanure de diazonium, car le radical diazonium donne des sels incolores avec des acides incolores.

Les cyanures *syn*-diazoïques sont plus stables quand le noyau aromatique attaché au groupe diazoïque contient des radicaux de substitution.

Quand un chlorure de diazonium est traité par une suspension de cyanure d'argent, la solution incolore, obtenue après filtration du cyanure *syn*-diazoïque jaune insoluble, contient un cyanure double, qui est considéré par Hantzsch et Danziger[4] comme un dérivé diazonium. Le cyanure double dérivé du chlorure de ψ-cumènediazonium a été isolé et ses propriétés sont bien représentées par la formule :



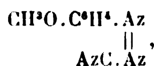
Le cyanure antidiazoïque ne donne pas ce sel double.

La formation de ce cyanure double de diazonium suggère l'idée que le cyanure *syn*-diazoïque peu soluble peut exister en solution dans un état d'équilibre avec le sel de diazonium isomère; on a obtenu récemment une confirmation de cette hypothèse[5]

[1] HANTZSCH : *Berichte*, 1894, t. XXVII, p. 1712; 1895, t. XXVIII, p. 676, 1734.
[2] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 225.
[3] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 444, 826, 1218.
[4] *Journ. f. prakt. Chem.*, 1896, t. LIII, p. 169; 1897, t. LIV, p. 305; 1897, t. LV, p. 380.

[1] *Berichte*, 1894, t. XXVII, p. 1726.
[2] *Berichte*, 1894, t. XXVII, p. 2930.
[3] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 666.
[4] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 2529.
[5] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 2161; 1901, t. XXXIV, p. 4166.

par l'étude des cyanures provenant des chlorure et bromure de *p*-méthoxybenzènediazonium. Ces sels, par double décomposition avec le cyanure de potassium en solution alcoolique, fournissent le cyanure *syn*-diazoïque :



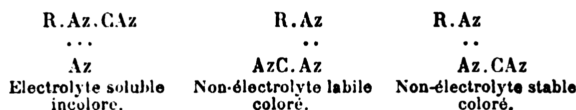
substance insoluble rouge-orange, fondant à 51°, qui copule avec le β-naphtol, et se transforme lentement dans le sel *anti*, non susceptible de copulation :



composé brun-rouge fondant à 121°.

L'existence d'un troisième cyanure isomère est indiquée par l'évaporation, à la température ordinaire, en présence d'un excès d'acide cyanhydrique, d'une solution aqueuse d'hydrate de *p*-méthoxybenzènediazonium. La substance cristalline incolore obtenue, de formule $CH^3O.C^6H^4.Az^2CAz$, HCAz, $2H^2O$, possède toutes les propriétés d'un vrai sel métallique; elle est très soluble et sa solution est un électrolyte. En outre, ce sel double se condense avec le β-naphtol, et il est transformé dans le cyanure syn-diazoïque jaune par l'action des solutions alcalines.

Ces résultats montrent que la *p*-anisidine diazotée donne naissance aux trois cyanures prévus par l'hypothèse stéréochimique :

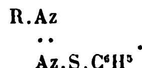


L'hypothèse opposée ne prévoit que l'existence de deux cyanures isomères, l'un ayant la constitution d'un sel normal de diazonium, l'autre celle d'un diazocyanure de la série *iso*-diazoïque.

Les cyanures *syn* et *anti*-diazoïques ne peuvent pas être considérés comme des sels de diazonium comparables à ceux des acides minéraux; en effet, d'une part, ce sont des non-électrolytes, peu solubles dans l'eau; d'autre part, ce sont des substances à coloration distincte, très solubles dans les solvants organiques. Leur coloration confirme l'idée qu'ils renferment le groupe Az:Az, propriété commune avec les composés azoïques. Toutefois, le critérium de la couleur doit être appliqué avec prudence, car les sels *syn* et *anti*-alcalins dérivés des acides sulfaniliques diazotés sont incolores.

Les essais effectués pour obtenir, à l'état de pureté, des dérivés *syn* et *anti*-diazoïques contenant d'autres radicaux que le cyanogène ont échoué.

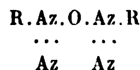
Les sels de diazonium ou les oxydes *anti*-diazoïques alcalins, traités par les phénylmercaptides alcalins, fournissent des diazothioéthers, qui ne se condensent pas avec le β-naphtol et qui, par conséquent, doivent appartenir à la série *anti* :



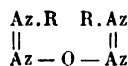
Avec l'éther *p*-chlorobenzènediazothiophénylique seulement, on a observé un composé intermédiaire explosible, qui est peut-être un dérivé *syn*. L'hydrate phénol-*p*-diazoïque, $HO.C^6H^4.Az^2OH$, et l'hydrogène sulfuré donnent un hydrosulfure $HO.C^6H^4.Az^2SH$, H^2S, qui est peut-être un dérivé *anti*-diazoïque[1].

En traitant le chlorure de *p*-nitrobenzènediazonium par l'hydrogène sulfuré, Bamberger[2] a obtenu trois produits : 1° un hydrosulfure, $AzO^2.C^6H^4.Az^2SH$, H^2S ou $AzO^2.C^6H^4.Az(SH).AzH.SH$, qui, comme les thiodérivés précédents, ne copule pas avec le phénol; 2° un monosulfure très explosible, $(AzO^2.C^6H^4.Az^2)^2S$, se condensant avec les phénols et se décomposant dans le benzène à la température ordinaire pour donner le *p*-nitrodiphényle, de l'hydrogène sulfuré et de l'azote; 3° un disulfure stable $(AzO^2.C^6H^4.Az^2)^2S^2$, qui copule lentement avec les phénols et qui est décomposé par le benzène ou le toluène. Le monosulfure est probablement un dérivé *syn*-diazoïque, tandis que le disulfure est considéré comme un composé *iso*-(*anti*)-diazoïque.

3. *Anhydrides diazoïques*. — Les oxydes diazo-alcalins isomères diffèrent par la façon dont ils se comportent vis-à-vis de l'acide acétique dilué froid : les oxydes *anti*-diazoïques donnent naissance à des hydrates $R.Az^2OH$, qui sont incolores à moins qu'ils ne renferment des groupes nitrés de substitution, tandis que les isomères *syn* fournissent des anhydrides diazoïques jaunes extrêmement explosifs[3]. Ces substances, qui peuvent être obtenues quelquefois en traitant un sel de diazonium avec un oxyde *syn*-diazo-alcalin, copulent lentement avec les phénols, donnent des éthers diazoïques oxygénés avec les alcools et réagissent avec explosion sur le benzène en fournissant des dérivés diphényliques. D'après les premiers travaux de Bamberger, les anhydrides possèdent la formule :

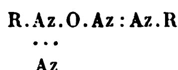


La formule stéréochimique de Hantzsch[4] :



[1] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 3237.
[2] *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 272.
[3] BAMBERGER : *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 446.
[4] *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 1007.

explique, par contre, comment les anhydrides donnent rapidement des cyanures *syn*-diazoïques par traitement avec l'acide cyanhydrique [1], tandis qu'ils se dissolvent très lentement dans l'acide chlorhydrique pour former des chlorures de diazonium. Bamberger a suggéré, depuis, une autre formule pour ces substances, qui en fait des sels de l'hydrate basique de diazonium avec le diazohydrate acidique isomère :

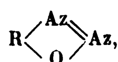


Cette configuration rend compte de leur formation au moyen d'un chlorure de diazonium et d'un oxyde diazo-alcalin. La première de ces formules est la moins probable, mais il est difficile, jusqu'à présent, de décider entre les deux autres.

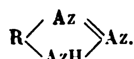
4. *Composés diazoïques cycliques.* — L'acide sulfanilique diazoté et d'autres composés diazoïques cycliques sont considérés soit comme des sels de diazonium :



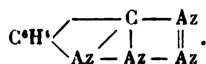
soit comme des anhydrides *syn*-diazoïques [2] :



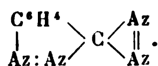
l'introduction de radicaux de substitution négatifs augmentant la tendance à prendre la configuration *syn*. Les dérivés aziminés sont considérés aussi comme des composés *syn* :



Aux triazolènes préparés par Bamberger [3] par l'action de l'acide nitreux sur les amino-indazols, on attribue la formule :



Hantzsch, toutefois, revendique la constitution suivante [4] :

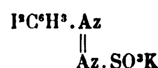


5. *Diazosulfonates.* — Ces substances, préparées par l'action du sulfite de potassium sur les chlorures de diazonium, paraissent généralement exister sous deux modifications; mais, dans beaucoup de cas, l'isomère *syn* est tellement instable qu'il n'a pu être isolé à l'état pur. Le fait que les deux modifications sont distinctement colorées suggère l'idée qu'elles possèdent la constitution RAz:Az.SO^3K, analogue à celle des composés azoïques ; l'isomère *syn* a invariablement une couleur plus intense que le sel *anti*.

Le sulfonate *syn*-2:4-*di*-iodobenzènediazoïque :



est une substance orange, tandis que le sel *anti* :



est jaune.

Les naphtylamines se comportent exceptionnellement, et fournissent seulement des sulfonates *syn*-diazoïques; ceux-ci ne sont pas convertis en sels *anti* par chauffage, mais se décomposent en donnant les azo-naphtalènes correspondants [1].

6. *Diazo-phénylsulfones* [2]. — Par l'action de l'acide benzènesulfinique sur les cyanures diazoïques, on obtient les diazosulfones $RAz^2.SO^2C^6H^5$; la réaction a lieu immédiatement avec les cyanures *syn*-diazoïques, mais très lentement avec leurs sels *anti*. Les produits ne présentent pas de stéréo-isomérie et appartiennent probablement à la série *anti*; la série *syn* n'a pas été isolée.

§ 3. — Les diazoamines considérées comme composés antidiazoïques.

1. *Isodiazotation des amines primaires aromatiques.* — L'action de l'acide nitreux sur le sel d'une amine aromatique fournit un sel de diazonium, l'atome d'azote basique gardant sa pentavalence pendant l'opération. Quand la réaction a lieu entre l'acide nitreux et la base libre, il se forme un hydrate isodiazoïque, qui se condense avec une molécule d'amine primaire pour donner une diazoamine. L'isodiazotation directe de la base peut aussi être effectuée soit en faisant passer des vapeurs nitreuses dans une solution de cette base dans l'éther ou l'acétate d'éthyle secs [3], soit en traitant l'amine par une solution alcoolique de nitrite d'amyle et d'éthylate de soude [4]; dans le premier cas, il se produit un mélange d'hydrates normal et *iso*-diazoïque, tandis que la seconde réaction donne naissance à l'oxyde *iso*-diazoalcalin.

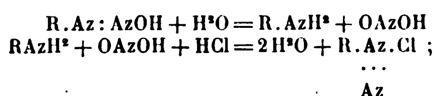
2. *Migration du radical diazoïque.* — Griess a noté qu'une solution d'acide diazobenzènesulfo-

[1] *Berichte*, 1898, t. XXXI, p. 636.
[2] Hantzsch : *Ber.*, 1895, t. XXVIII, p. 1734; et *Ber.*, 1896, t. XXIX, p. 1522.
[3] *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 1773.
[4] *Berichte*, 1902, t. XXXV, p. 888.

[1] Hantzsch et Singer : *Ber.*, 1897, t. XXX, p. 312.
[2] Hantzsch et Schmidt : *Ber.*, 1897, t. XXX, p. 71.
[3] *Berichte*, 1894, t. XXVII, p. 1948.
[4] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 3511.

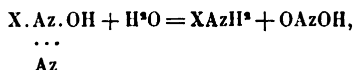
nique et de chlorhydrate de *p*-toluidine donne les réactions d'un mélange contenant du chlorure de *p*-toluène-diazonium et d'acide sulfanilique[1]. Plus récemment, Schraube et Fritsch[2] ont montré qu'un réarrangement semblable a lieu avec une solution diluée de chlorure de *p*-nitrobenzènediazonium et de *p*-toluidine. Ils ont établi que la direction du changement est constante, que la solution soit acide ou neutre ; la vitesse de migration, par contre, diminue rapidement à mesure que la quantité d'acide augmente ; un grand excès de ce dernier empêche même la réaction. Ces résultats paraissent montrer que le groupe diazoïque passe du radical le moins positif au plus positif ; toutefois, Hantzsch et F. M. Perkin ont trouvé qu'une migration dans le sens opposé se produit avec le chlorure de benzènediazonium et la *p*-bromaniline[3]. On peut donc supposer que, généralement, quand des solutions neutres ou légèrement acides d'un sel de diazonium et d'une amine aromatique primaire sont mélangées, il se produit un certain degré de réarrangement, dû à la migration du groupe diazoïque.

Cette migration du radical diazoïque s'associe probablement avec les changements qui ont lieu quand ce groupe passe de la configuration diazonium à la configuration diazoïque. Bamberger[4] a trouvé que, dans la transformation inverse, il y a une élimination transitoire d'acide nitreux :



$$R.Az:AzOH + H^2O = R.AzH^2 + OAzOH$$
$$RAzH^2 + OAzOH + HCl = 2H^2O + \underset{Az}{R.Az.Cl} ;$$

Cette réaction s'effectue en dissolvant un oxyde *iso*-diazoalcalin dans un acide minéral froid. Si l'on admet que l'élimination transitoire d'acide nitreux se produit pendant le changement de la condition diazonium à la condition diazoïque, on a dans ce fait l'explication de la migration du radical diazoïque, laquelle rend compte également du fait qu'on obtient avec le couple XAz^2Cl et $YAzH^2$ la même diazoamine mixte que par la combinaison de YAz^2Cl et $XAzH^2$. Dans le premier cas, l'hydrate de diazonium, libéré de son sel par l'addition d'acétate de soude, subit l'hydrolyse :



$$\underset{Az}{X.Az.OH} + H^2O = XAzH^2 + OAzOH,$$

et l'acide nitreux naissant isodiazotise une portion de chaque amine primaire $XAzH^2$ et $YAzH^2$, en donnant naissance aux hydrates diazoïques X.Az : AzOH et Y.Az : AzOH. Ces dernières substances et les bases primaires inaltérées se condensent alors, et il se produit une diazoamine mixte ; ce corps consiste en une solution solide de $XAz^2.AzHY$ dans $YAz^2.AzHX$, la proportion des deux constituants dépendant de la nature des deux radicaux aromatiques X et Y. Dans certains cas, le produit peut être composé en grande partie des diazoamines symétriques $XAz^2.AzHX$ et $YAz^2.AzHY$, mais la formation de ces composés est également bien expliquée par l'hypothèse basée sur l'élimination transitoire d'acide nitreux. La formation de la diazoamine mixte a lieu même quand X et Y sont des radicaux dérivés d'hydrocarbures différents ; on a isolé des substances de ce type contenant les noyaux du naphtalène et du tétrahydronaphtalène[1].

La migration du groupe diazoïque est empêchée par l'alkylation de l'amine aromatique primaire, et les couples XAz^2Cl, YAzHR et YAz^2Cl, XAzHR donnent naissance à deux diazo-amines alkylées mixtes isomères, XAz^2AzRY et YAz^2AzRX [2].

La stabilité relative des diazoamines et leur production aux dépens des oxydes isodiazoïques leur ont fait attribuer la configuration *anti* ; les isomères *syn* n'ont pas été préparés, quoique Hantzsch et F. M. Perkin[3] aient obtenu des diazoamines anormales qui font exception à la loi de formation des diazo-amines mixtes. Le composé $ClC^6H^4Az^3HC^6H^5$, par exemple, existe sous deux modifications qui donnent naissance aux mêmes produits par réaction avec l'acide chlorhydrique ou la phénylcarbimide. L'hypothèse que ces deux isomères sont représentés par les formules $C^6H^5Az:Az.AzH.C^6H^4Cl$ et $C^6H^5AzH.Az:Az.C^6H^4Cl$ n'est pas justifiée par le résultat de leur dédoublement.

§ 4. — Comparaison du radical diazonium avec les ions ammonium quaternaires.

Le changement d'opinion qui s'est manifesté en faveur de la formule Strecker-Blomstrand pour les sels de diazonium s'est basé en premier lieu sur certaines analogies générales qui existent entre les sels des bases azotées.

L'ancienne conception de la constitution des sels de diazonium fait de ces substances une exception à la règle d'après laquelle l'azote basique est pentavalent dans ses sels, et cependant les composés en question se comportent comme des sels de bases plus puissantes que les amines aromatiques dont ils dérivent. Les bases diazonium sont capables de se combiner avec les acides les plus

[1] *Berichte*, 1882, t. XV, p. 2190.
[2] *Berichte*, 1896, t. XXIX, p. 287.
[3] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 1412.
[4] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 826.

[1] MORGAN : *Trans.*, 1902, t. LXXXI, p. 91 ; C. SMITH : *Trans.*, 1902, t. LXXXI, p. 901.
[2] MELDOLA et STREATFEILD : *Trans.*, 1887, t. LI, p. 818 ; 1889, t. LV, p. 610, 1105 ; 1890, t. LVII, p. 785.
[3] *Loc. cit.*

faibles et fournissent des carbonates $(C^6H^5Az^2)^2CO^3$ solubles dans les alcalis et des nitrites et acétates instables. En outre, cette conception suppose que le corps $C^6H^5Az:AzOH$ peut réagir comme une base ammonium forte vis-à-vis des acides et comme une substance acidique distincte vis-à-vis des hydrates alcalins. Hantzsch a montré que les sels de diazonium des acides minéraux sont fortement ionisés en solution diluée, mais ne présentent pas trace de dissociation hydrolytique ; l'ionisation est, toutefois, considérablement diminuée par l'introduction de radicaux négatifs dans le noyau aromatique du composé diazoïque[1].

Des déterminations de la conductibilité électrique des solutions de chlorure et de nitrate de benzènediazonium ont fait voir que le radical benzènediazonium est tout à fait comparable aux autres ions ammonium quaternaires. La vitesse de transport de l'ion benzènediazonium à 25° est égale à 45,7 ; les constantes correspondantes pour les ions méthylpyridinium $C^5H^5AzCH^3$ et tétraméthylammonium $Az(CH^3)^4$ sont respectivement 44,3 et 43,6.

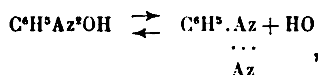
La conductibilité moléculaire des solutions de sels de diazonium augmente avec la dilution comme pour les composés correspondants de potassium et d'ammonium.

Une étude physico-chimique des solutions d'hydrate de benzènediazonium montre que la constante d'affinité de cette base à 0° est 70 fois plus forte que celle de l'hydrate d'ammonium et dépasse légèrement celle de la pipéridine. Les constantes d'affinité des hydrates de méthoxybenzènediazonium et de ψ-cumidinediazonium sont encore plus fortes et se rapprochent de celles des hydrates alcalins. Les chiffres suivants indiquent d'une manière frappante l'effet de l'introduction de radicaux halogénés dans le noyau aromatique :

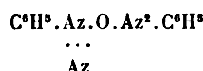
	k = constante de vitesse.
$C^6H^5Az^2OH$	0,123
$BrC^6H^4Az^2OH$	0,0149
$Br^2C^6H^3Az^2OH$ (2 : 4)	0,0136
$Br^3C^6H^2Az^2OH$ (2 : 4 : 6)	0,0014

En comparant les expériences sur la conductibilité électrique avec les résultats obtenus dans l'hydrolyse de l'acétate d'éthyle par l'hydrate de benzènediazonium, on arrive à la conclusion que, dans des solutions N/128 à 0°, environ 33 °/₀ de la base existe à l'état ionisé.

L'ionisation trouvée dans les expériences d'hydrolyse est plus forte que celle qu'indiquent les déterminations de conductibilité ; ce fait montre que la dissociation électrolytique est due exclusivement à la réaction :



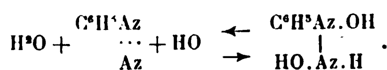
et non à l'existence d'un oxyde *syn*-diazoïque de diazonium :



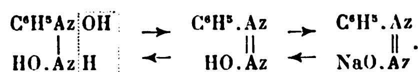
1. *Etat de l'hydrate de diazonium non ionisé.* — La solution d'hydrate de benzènediazonium diffère essentiellement d'une solution de pipéridine par la façon dont elle se comporte vis-à-vis des hydrates alcalins; elle engendre, en effet, avec ces réactifs une quantité appréciable de chaleur, exactement comme un acide faible. L'existence de cette réaction résulte encore des déterminations des conductibilités électriques des solutions d'hydrate de diazonium traitées par une, deux ou plusieurs parties de soude.

L'explication la plus simple de ce phénomène se base sur l'hypothèse que la portion non ionisée d'hydrate de diazonium existe en solution sous forme hydratée, qui, après l'addition de l'hydrate alcalin, fournit le sel alcalin, l'hydrate *syn*-diazoïque acidique se comportant, dans cette circonstance, exactement comme les oximes semblablement constituées.

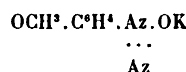
Avant l'addition d'alcali, l'équilibre peut être représenté ainsi :



Par suite de l'addition de l'hydrate alcalin, l'hydrate perd de l'eau, en formant l'hydrate *syn*-diazoïque, qui donne ensuite naissance à une certaine quantité de dérivé sodé[1] :



Si l'on repousse l'hypothèse précédente, il faut alors admettre qu'un hydrate d'ammonium quaternaire, ayant les fonctions d'une base forte, est aussi capable de se comporter comme un acide et de donner un sel alcalin. L'hydrate de diazonium dérivé de l'anisidine, par exemple, est une base dont la force est comparable à celle des alcalis, et cependant elle donne naissance à un dérivé potassique stable[2], qui, d'après la théorie alternative, possède la formule :



[1] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 1734.

[1] Hantzsch et Davidson : *Berichte*, 1898, t. XXXI, p. 1612.
[2] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 2158.

Il n'existe actuellement aucun autre exemple d'alcalis forts se comportant de cette façon.

D'autre part, l'hypothèse basée sur le changement de configuration dû à la nature labile des hydrates de diazonium met ces bases en ligne avec d'autres dérivés ammonium quaternaires. On sait que la plupart des hydrates d'ammonium quaternaires, excepté ceux dans lesquels l'azote est relié à quatre radicaux hydrocarbonés complètement saturés, sont instables et se transforment en substances dans lesquelles le groupe hydroxyle n'est plus attaché qu'à l'azote aminique. Cette altération a été notée dans les bases des séries de la rosaniline, de la pyridine et de l'acridine; les transformations qui ont lieu dans chacun de ces cas peuvent être représentées par les schémas suivants :

$$>C:C^6H^4:Az^{(V)}H^2OH \rightarrow >C(OH).C^6H^4.Az^{(III)}H^2$$

$$\begin{matrix} =CH \\ =CH \end{matrix}\!\!>Az^{(V)}R\ OH \rightarrow \begin{matrix} -CH(OH) \\ =CH \end{matrix}\!\!>Az^{(III)}R$$

$$R\langle\begin{matrix} CH \\ | \\ AzR.OH \end{matrix}\rangle R \rightarrow R\langle\begin{matrix} CH(OH) \\ AzR \end{matrix}\rangle R$$

$$\begin{matrix} R.Az^{(V)}.OH \\ \vdots \\ Az \end{matrix} \rightarrow R.Az^{(III)}:Az.\dot{O}H$$

Dérivés ammonium. Dérivés pseudo-ammonium.

D'après cette généralisation, les hydrates *syn*-diazoïques doivent être regardés comme des dérivés pseudo-diazonium [1].

2. *Dérivés halogénés solides de diazonium.* — Le caractère instable de certains halogénures de diazonium paraît être en relation avec leur couleur, les sels les plus fortement colorés étant très explosibles. Ces sels colorés donnent des solutions incolores dans lesquelles le sel existe, sans aucun doute, sous forme de composé diazonium. L'apparition de la couleur à l'état solide doit être considérée comme due à la formation d'une certaine quantité de dérivé *syn*-diazoïque, d'après l'équilibre suivant :

$$\begin{matrix} R.Az.X \\ \vdots \\ Az \end{matrix} \rightleftarrows \begin{matrix} R.Az \\ : \\ X.Az \end{matrix}$$

La quantité présente de composé coloré *syn* dépend principalement de la nature du radical acide X.

Les chlorures de diazonium et presque tous les bromures sont incolores et relativement stables. Les iodures sont tous colorés et très explosifs; les thiocyanates sont un peu moins colorés que les iodures, et intermédiaires, comme stabilité, entre ceux-ci et les bromures.

L'influence des radicaux substituants dans le radical aromatique R est insignifiante pour les chlorures de diazonium; pour les autres sels, la stabilité augmente par l'introduction de groupes méthyle et méthoxy, et diminue par celle de radicaux acidiques [1]. Aux basses températures, les sels de diazonium même très explosibles deviennent stables, et, par refroidissement, leur coloration diminue d'une façon appréciable [2].

3. *Affinité résiduelle des sels de diazonium* [3]. — La scission caractéristique des sels de diazonium est due très probablement à l'addition préliminaire d'un réactif HR et à l'élimination subséquente du dérivé hydrogéné du radical acide avec formation d'un composé *syn*-diazoïque instable :

$$\begin{matrix} X \\ \cdot \\ Az\vdots Az \\ \cdot \\ Cl \end{matrix} + \begin{matrix} R \\ \cdot \\ H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} X \quad R \\ \cdot \quad \cdot \\ Az : Az \\ \cdot \quad \cdot \\ Cl \quad H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} X \quad R \\ \cdot \quad \cdot \\ Az:Az \end{matrix} + HCl \rightarrow \begin{matrix} X-R \\ Az \vdots Az \end{matrix}$$

Cette hypothèse offre une explication générale de la réaction de Sandmeyer, comme de la réaction entre les sels de diazonium et l'eau ou l'alcool [4] :

$$\begin{matrix} R \\ \cdot \\ Az\vdots Az \\ \cdot \\ Cl \end{matrix} + \begin{matrix} OC^2H^5 \\ | \\ H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R \quad OC^2H^5 \\ \cdot \quad \cdot \\ Az\vdots Az \\ \cdot \quad \cdot \\ Cl \quad H \end{matrix} \rightarrow R.O.C^2H^5 + Az^2 + HCl;$$

$$\begin{matrix} R \\ \cdot \\ Az\vdots Az \\ \cdot \\ Cl \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ | \\ O.C^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R \quad H \\ \cdot \quad \cdot \\ Az\vdots Az \\ \cdot \quad \cdot \\ Cl \quad OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow R.H + Az^2 + HCl + C^2H^4O.$$

Les sels cuivreux de la réaction de Sandmeyer se combinent avec les composés *syn*-diazoïques pour former des sels doubles du type azoïque, et, de cette manière, amorcer la transformation du sel de diazonium dans la forme pseudo-diazonium ou *syn*, qui se décompose ultérieurement de la manière caractéristique.

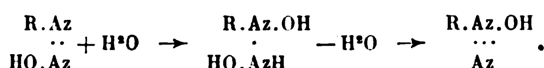
Les perhalogénures de diazonium sont des substances analogues aux periodures de potassium, de césium et des bases ammonium quaternaires. Les atomes d'halogène ne sont certainement pas attachés aux deux atomes d'azote [5], car le composé $C^6H^5Az^2ClBrI$ se forme soit au moyen de $C^6H^5Az^2Cl$ et IBr, soit au moyen de $C^6H^5Az^2Br$ et ICl.

4. *Dissociation hydrolytique des oxydes diazo-alcalins.* — On a déjà vu que les oxydes *syn* et *anti*-diazo-métalliques se ressemblent beaucoup par la manière générale dont ils se comportent au point de vue chimique, pourvu que leurs réactions soient

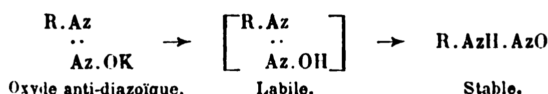
[1] *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 3109; t. XXXIII, p. 278.

[1] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 2179.
[2] *Berichte*, 1901, t. XXXIV, p. 4166.
[3] *Berichte*, 1897, t. XXX, p. 2548; 1898. t. XXXI, p. 2053.
[4] *Berichte*, 1900, t. XXXIII, p. 2517.
[5] *Berichte*, 1895, t. XXVIII, p. 2754.

étudiées en solutions fortement alcalines. Toutefois, les isomères *syn* présentent des propriétés anomales en solutions neutres diluées, et des déterminations de la conductibilité électrique[1] ont montré que ce phénomène est dû à la dissociation hydrolytique exceptionnellement prononcée de ces substances. Ce fait s'explique par l'hypothèse déjà utilisée lorsque nous avons examiné l'état de l'hydrate de diazonium dissous. L'oxyde *syn*-diazoïque présente un degré plus élevé de dissociation hydrolytique que le cyanure de potassium ou les autres sels dissociables, car l'acide mis en liberté par l'hydrolyse n'est pas stable et se transforme dans l'hydrate intermédiaire, puis dans l'hydrate de diazonium :



5. *Oxydes anti-diazoïques et nitrosamines primaires.* — Les oxydes diazo-alcalins se comportent comme les sels d'une substance nettement acide et ne sont pas beaucoup hydrolysés en solutions diluées. Quand le sel dissous est traité par la quantité équivalente d'acide chlorhydrique, la conductibilité électrique de la solution résultante montre que le seul électrolyte présent est le chlorure alcalin produit par la réaction. La solution obtenue est parfaitement neutre, et, inversement, quand la substance mise en liberté par l'acide est traitée par la quantité équivalente d'alcali, le produit est neutre. Ce phénomène indique que la substance mise en liberté de l'oxyde *anti*-diazoïque appartient à la classe des *pseudo-acides*[2]; par conséquent, le produit doit être représenté comme une nitrosamine primaire :



Les nitrosamines $BrC^6H^4AzH.AzO$ et $AzO^2C^6H^4Az$ $H.AzO$ possèdent les caractères des pseudo-acides; elles ne réagissent pas avec le pentachlorure de phosphore, le chlorure d'acétyle ou l'ammoniaque dans les solvants indifférents, et ne se dissolvent que graduellement dans les acides en régénérant le sel de diazonium.

III. — Conclusions.

La théorie des composés diazoïques qui ignore les différences stéréo-chimiques et suppose que les oxydes diazoïques ont une structure dissimilaire peut être résumée par le diagramme A. La théorie stéréo-chimique peut être exposée brièvement par le diagramme B. Les substances indiquées entre parenthèses sont des composés intermédiaires hypothétiques, dont on a supposé l'existence pour expliquer les changements tautomériques.

Dans l'état actuel de nos connaissances, le choix est toujours permis entre une théorie des composés diazoïques, qui, quoique ne prévoyant pas des rapports de configuration dans l'espace, offre néanmoins une explication de l'isomérie de ces substances applicable à cette série seule de dérivés de l'azote, et une hypothèse stéréo-chimique qui relie les dérivés diazoïques aux autres composés de l'azote d'un type analogue et offre une interprétation générale d'un groupe considérable de faits expérimentaux.

Diagramme A.

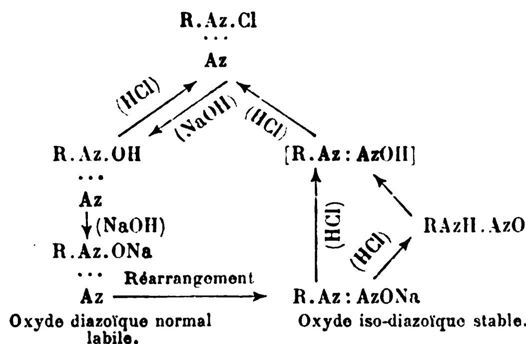
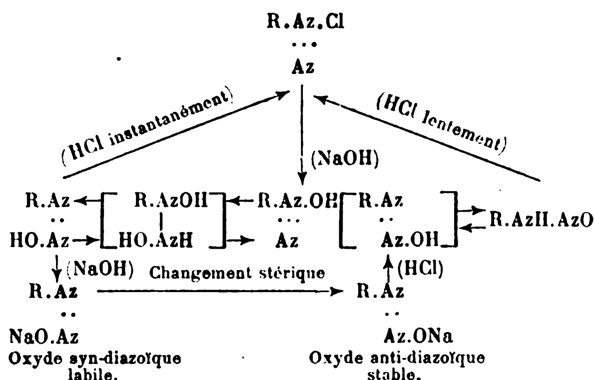


Diagramme B.



L'hypothèse de l'isomérie *syn* et *anti* explique la production de deux séries de cyanures et de sulfonates colorés aux dépens des sels de diazonium incolores. En outre, l'hypothèse stéréo-chimique permet de relier le rapport qui existe entre le diazonium et les hydrates syn-diazoïques avec la théorie générale des composés ammonium quaternaires. D'une façon analogue, on peut relier la conduite des nitrosamines aromatiques primaires et des oxydes anti-diazoïques avec la théorie générale des pseudo-acides et de leurs sels.

On peut alléguer contre la théorie stéréochimique des composés diazoïques le fait que la

[1] *Berichte*, 1898, t. XXXI, p. 1612.
[2] *Berichte*, 1899, t. XXXII, p. 575, 1703.

série *syn*-diazoïque fait presque toujours défaut, étant confinée à trois classes de substances, les oxydes diazo-métalliques, les diazocyanures et les diazosulfonates, et il est toujours possible que les cyanures et les sulfonates isomères diffèrent structuralement. D'autre part, l'hypothèse que les composés *syn*-diazoïques possèdent la configuration diazonium conduit à des conclusions qui ne s'accordent pas avec les faits expérimentaux. C'est particulièrement le cas pour les oxydes diazo-métalliques, où il devient nécessaire d'admettre que les hydrates de diazonium fortement basiques réagissent aussi comme acides. Cette hypothèse est improbable au plus haut point, car il n'existe aucun exemple d'hydrate d'ammonium quaternaire possédant cette dualité de nature.

G. Th. Morgan,
Préparateur de Chimie
au Collège royal des Sciences de Londres.

LA THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL

DEUXIÈME PARTIE : CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Dans une première partie[1], nous avons exposé les résultats de l'étude expérimentale des aciers au nickel; nous allons maintenant essayer de relier ces résultats par une théorie générale.

I. — Établissement d'une théorie.

Les premiers essais relatifs à l'établissement d'une théorie complète des aciers au nickel renfermaient déjà un principe qui n'a pas varié, et dont l'interprétation mécanique seule a pu être discutée; ce principe admet que toutes les anomalies constatées dans les aciers au nickel sont dues à la superposition de deux phénomènes distincts, dont l'un est purement thermique, et de même nature que celui qu'on observe dans tous les métaux, tandis que l'autre est d'une espèce plus intime, et correspond à des transformations d'un ordre plutôt chimique, en donnant à ce terme l'extension la plus large.

§ 1. — Théorie des combinaisons définies.

On peut tout d'abord entendre une modification chimique dans le sens ordinaire et restreint d'une véritable combinaison définie, et il faut reconnaître que, par une singulière coïncidence, le premier aspect des phénomènes autorisait une semblable supposition. La séparation, *au moins apparente*, entre les alliages irréversibles et les réversibles correspond assez exactement à un mélange de la composition Fe^3Ni; le minimum de la dilatation, en même temps que celui du module d'élasticité, est voisin du mélange Fe^2Ni; enfin, on trouvera $FeNi^2$ dans la région de la température maximum de transformation des réversibles.

La disparition du magnétisme à la température ordinaire, c'est-à-dire l'annulation d'une propriété essentielle des constituants, et la dilatation tout à fait anormale de l'alliage à 25 °/₀ de nickel viennent à l'appui d'une telle idée. Le refroidissement, ramenant les conditions normales, peut être envisagé comme provoquant la dissociation.

Lorsqu'on revient vers le fer, l'anomalie s'atténue, par une sorte de dilution du composé défini dans un dissolvant.

Une explication analogue s'appliquera aux réversibles; mais, de plus, l'idée d'un équilibre bien défini en fonction de la température fait son apparition et domine l'ensemble.

Cette théorie des combinaisons définies, qui semblait satisfaisante à plus d'un égard, n'a cependant pas résisté à la critique; si même elle rendait à peu près compte des phénomènes aux teneurs où l'on pouvait admettre l'existence d'une combinaison définie, elle laissait apparaître quelques difficultés dès qu'on voulait comparer aux données de l'expérience les phénomènes que l'idée d'une dissolution de cette combinaison pouvait faire prévoir.

§ 2. — Théorie allotropique.

Dès le premier exposé que j'eus l'occasion de faire à la Société française de Physique de l'ébauche de théorie qui précède, M. Le Chatelier y opposa des arguments qui me semblèrent prendre plus de force à mesure que j'y pensai davantage. M. Le Chatelier estimait, dès cette époque, que tous les phénomènes observés dans les aciers-nickels pouvaient être expliqués par les transformations individuelles du fer et du nickel, modifiées, pour chacun d'eux, par la présence de l'autre élément dans l'alliage. Les phénomènes étaient trop mal connus dans le détail pour que, dans l'esprit de l'éminent physicien, la théorie qu'il préconisait alors pût avoir une forme très précise; il voyait plutôt le sens général du phénomène, et le rapprochait des résultats déjà observés concernant

[1] Voyez la *Revue* du 15 juillet, p. 705.

l'abaissement de la région de transformation magnétique du fer sous l'influence de corps étrangers, tels que le carbone ou le manganèse. Dans l'idée de M. Le Chatelier, les propriétés du fer et du nickel étaient ainsi conservées dans l'alliage, et la principale modification qu'elles subissaient consistait dans un déplacement, dans l'échelle des températures, de l'ensemble de ces propriétés, et notamment des transformations allotropiques.

C'est en cherchant, dans le résultat de l'expérience, des arguments susceptibles d'appuyer ou de mettre en défaut l'une des deux théories ci-dessus que l'on est arrivé, peu à peu, à préciser les idées, surtout dans le sens indiqué par M. Le Chatelier; toutefois, deux principes fondamentaux de ma première ébauche — superposition d'un phénomène thermique et d'un phénomène de nature chimique, et équilibre stable dans les alliages réversibles — ont été conservés, et le mécanisme seul a été abandonné.

L'exposé qui va suivre sera consacré aux diverses formes de cette spécialisation.

§ 3. — **Arguments tirés des autres alliages; idées de M. L. Dumas et objections de M. Osmond.**

La théorie allotropique est singulièrement renforcée par la considération des alliages du fer ou du nickel avec des corps autres que le deuxième constituant de ceux qui nous occupent.

Si, par exemple, on ajoute, comme l'a fait M. R.-A. Hadfield, du manganèse au fer, on voit apparaître les propriétés essentielles des alliages irréversibles de fer et de nickel, à cela près que la chute des transformations magnétiques est plus rapide; à 14 °/₀ de manganèse, l'alliage est déjà non magnétique aux températures ordinaires.

Toutes les propriétés des aciers-nickels n'ont pas encore été retrouvées dans les aciers au manganèse, mais cela peut tenir simplement à ce qu'on ne les a pas cherchées; il est très probable que toutes ces manifestations anormales, au moins les irréversibles, se révèleront à l'expérience. Ainsi, on sait déjà, par les recherches de M. André Le Chatelier, que la dilatation est fortement abaissée dans le passage de ces aciers à l'état magnétique.

Les additions de métaux non magnétiques au nickel abaissent sans exception la région de transformation. Des expériences précises ont été publiées par M. Dumas sur le nickel-chrome et le nickel-manganèse[1], par M. Bruce Hill[2] sur le nickel-cuivre et le nickel-étain; l'abaissement est plus ou moins rapide suivant l'addition faite au nickel, et semble être, pour chaque métal, une fonction sensiblement linéaire de la quantité qu'on en ajoute au nickel.

Le diagramme de la figure 1 représente l'ensemble des résultats qui viennent d'être énoncés; on y a reproduit les indications relatives aux alliages de fer et de nickel; le pourcentage des corps ajoutés au nickel part de la droite du diagramme.

La considération de ce diagramme fait surgir une idée nouvelle, émise pour la première fois par M. Dumas: Remarquant que les additions de corps étrangers au fer font apparaître des transformations irréversibles, que des corps étrangers ajoutés au nickel ne donnent lieu qu'à des transformations réversibles, M. Dumas admet que les premières sont propres au fer, et que les secondes appartiennent au nickel. Cette conclusion est fortement appuyée par le croisement des courbes de trans-

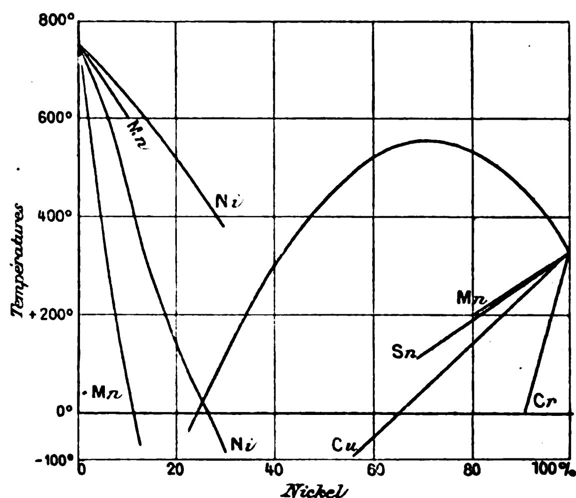


Fig. 1. — *Transformations magnétiques des alliages du fer avec Ni et Mn, et du nickel avec Cr, Cu, Sn, Mn.*

formation des aciers au nickel; et M. Dumas, considérant surtout le fait que chacune de ces deux courbes partant du fer ou du nickel montre une parfaite continuité, a émis l'hypothèse que les transformations des deux genres sont distinctes, et que, dans les fortes teneurs en fer ou en nickel, on n'observe que les transformations propres à chacun de ces métaux, lesquelles conservent leur caractère indépendant jusqu'après le croisement.

Ces idées de M. Dumas, si simples et si séduisantes, de plus parfaitement satisfaisantes tant qu'on ne considérait que les propriétés magnétiques, ont été critiquées par M. Osmond[1] en raison de la difficulté qu'elles rencontrent dans l'interprétation de l'anomalie négative de dilatation des alliages réversibles. Admettant que les propriétés du fer ou du nickel auraient dû se reproduire dans les transformations qui leur étaient

[1] L. Dumas : *Recherches sur les aciers au nickel à hautes teneurs*, p. 150. (1 vol., Paris, Dunod, 1902.)
[2] B. Hill : *Loc. cit.*

[1] F. Osmond : Remarques sur une note récente de MM. Nagaoka et Honda, etc. (*C. R.*, t. CXXXIV, p. 596, 1902.)

attribuées, M. Osmond ne voyait pas, dans la forme de la théorie allotropique proposée par M. Dumas, la possibilité de trouver, par les transformations du nickel seul, le déficit de dilatation révélé par l'expérience.

En ce qui concerne les irréversibles, M. Osmond était d'accord avec M. Dumas pour attribuer tous les phénomènes observés à une transformation du fer. Nous nous attacherons d'abord à cette idée, dont nous chercherons à donner de nouvelles preuves, nous réservant de revenir ensuite aux alliages réversibles.

§ 4. — Théorie des alliages irréversibles; transformation du fer.

La déformation progressive des courbes de refroidissement, qui révèle une continuité parfaite entre le fer et ses premiers alliages avec le nickel, la concordance entre la température du dégagement de chaleur et celle de la transformation magnétique, simultanément déplacées lorsqu'augmente la teneur en nickel, la similitude que présentent ces phénomènes avec ceux que l'on observe dans les aciers au manganèse, pourraient être considérées comme des preuves suffisantes de la théorie allotropique des alliages irréversibles, par la transformation retardée et étalée du fer.

Mais ces preuves sont qualitatives, et l'on sait combien il est facile de se laisser tromper par les apparences, aussi longtemps que des relations numériques n'ont pas été établies. Or une telle relation ressort avec évidence de la comparaison des variations de volume du fer et de celles de ses alliages irréversibles avec le nickel.

Remarquons d'abord que le nickel ne subit pas de changement brusque de volume à travers sa transformation magnétique; de plus, des expériences personnelles m'ont montré que le nickel rendu non magnétique par une faible addition de chrome possède sensiblement, aux températures ordinaires, la même dilatation que le nickel magnétique; enfin, j'ai trouvé autrefois que, dans les alliages non magnétiques de nickel et de cuivre, les dilatations suivent la loi des mélanges.

Dans le calcul des changements de volume des aciers au nickel irréversibles, nous n'aurons donc pas à tenir compte de l'état du nickel, et nous pourrons le considérer comme une simple addition, ayant pour seul effet de diminuer, par dilution, la grandeur des changements de volume du fer.

Examinons donc ce qui devrait se passer si une barre de fer, refroidie en passant d'une température très élevée, 1000° par exemple, était amenée à 0° en conservant ses propriétés initiales. Reproduisant ici le diagramme précédemment donné des changements de longueur observés par M. Le Chatelier, nous pourrons mener la droite AB (fig. 2), qui prolongera, jusqu'aux températures ordinaires, les changements vrais de longueur observés dans le fer γ. Supposons maintenant que, la barre étant ainsi refroidie, on lui communique les propriétés qu'elle possède naturellement à 0°; la barre rejoindra alors l'origine, en éprouvant, d'un seul coup, l'allongement relatif qu'elle

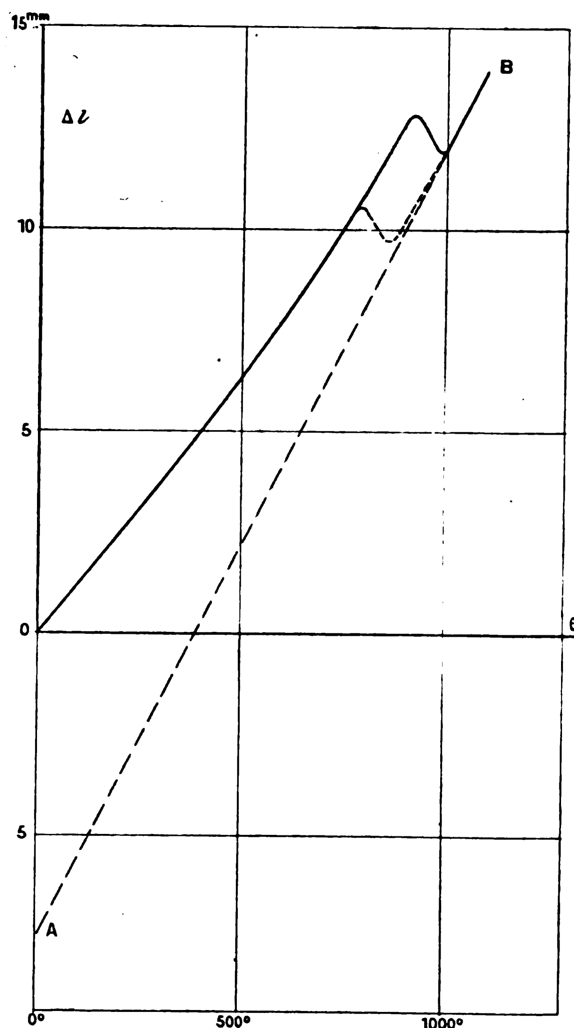


Fig. 2. — *Dilatation thermique du fer, d'après M. H. Le Chatelier.* — AB, extrapolation des propriétés du fer γ.

subit au refroidissement par le fait de la transformation de γ en β, joint au changement graduel du coefficient de dilatation. Nous trouvons ainsi que la barre devrait s'allonger de 7mm,5 par mètre environ[1].

Or, l'opération que nous venons de décrire est précisément celle qui s'effectue d'elle-même dans

[1] Les expériences récentes de MM. Charpy et Grenet conduisent à admettre un nombre un peu plus élevé, et qui s'accorde encore plus parfaitement avec les résultats trouvés pour les aciers au nickel.

le refroidissement d'une barre d'acier au nickel; la transformation, il est vrai, n'est pas brusque, mais la rapidité avec laquelle elle s'effectue ne modifie en rien notre raisonnement. Par le fait de la présence du nickel, qui a produit le retard, mais rend finalement en quelque sorte la liberté aux transformations, les changements de volume de l'alliage devront être réduits aux trois quarts ou un peu plus de la valeur observée dans le fer, puisque, dans l'alliage considéré, le nickel se trouve présent pour le quart de la masse totale, et pour un peu moins du quart du volume. On en conclura que l'augmentation de longueur observée, si elle est réellement due à la transformation du fer, devra être de 6 millimètres par mètre environ, quantité si voisine de celle qui a été trouvée par l'expérience, qu'il n'y a pas lieu, pour le moment, de la considérer comme réellement différente.

La preuve quantitative cherchée est donc faite; assurément, il serait agréable de pouvoir la compléter par des arguments tirés des propriétés élastiques; malheureusement, nous ne possédons pas d'indications sur les changements qu'éprouve le module du fer aux températures élevées.

Enfin, pour ce qui est des phénomènes thermiques, nous avons vu que, sans pouvoir en tirer encore un argument quantitatif certain, on peut au moins affirmer que rien dans ce qu'on sait à cet égard n'est en opposition avec les idées dont nous venons de rencontrer tant de preuves.

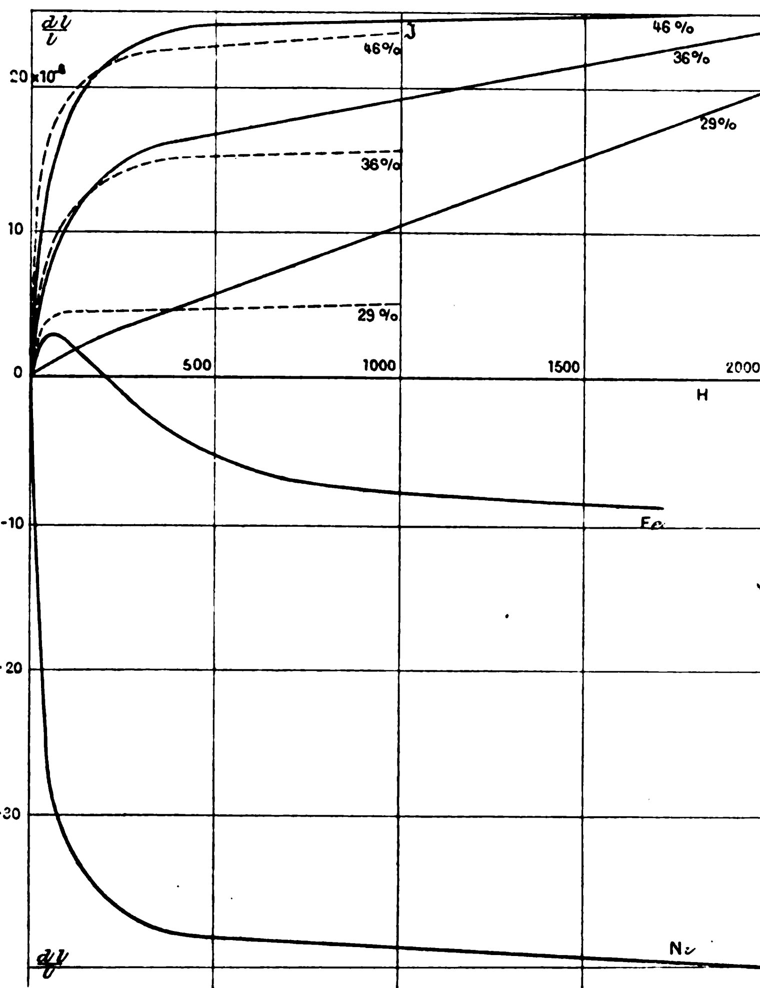


Fig. 3. — *Variation de longueur d'un barreau de fer, de nickel ou d'acier-nickel sous l'action du champ magnétique* (Expériences de MM. Nagaoka et Honda).

§ 5. — Alliages réversibles; recherches infructueuses d'un argument décisif dans la magnétostriction.

Avant de reprendre l'étude systématique des propriétés des alliages réversibles, et des conclusions qui en découlent pour leur constitution, il est intéressant d'ouvrir en quelque sorte une parenthèse sur une classe particulière de recherches, dont on pouvait espérer beaucoup, et qui finalement, dans la question théorique qui nous intéresse, n'ont apporté aucun argument décisif.

A l'époque où les idées de M. Dumas étaient en discussion, j'eus l'occasion de m'entretenir avec M. Nagaoka, le très habile physicien, professeur à l'Université de Tokyo, des phénomènes subtils groupés sous le nom de magnétostriction, dont il avait fait une étude fructueuse dans le cas du fer, du nickel et du cobalt.

Ce terme générique de magnétostriction désigne, comme l'on sait, l'ensemble des déformations qui se produisent sous l'action du champ, dans les corps ferro-magnétiques.

Ces changements sont de trois ordres distincts[1]: modification de la longueur d'un fil soumis à un champ magnétique longitudinal; augmentation du volume par l'action d'un champ quelconque; enfin, torsion d'un fil soumis à un champ longitudinal, et parcouru par un courant; cette torsion est désignée sous le nom *d'effet Wiedemann*.

[1] H. Nagaoka : La magnétostriction. (*Rapports présentés au Congrès international de Physique de 1900*, t. II, p. 536.)

L'étude de la magnétostriction longitudinale semblait devoir trancher immédiatement le litige; en effet, les changements de longueur d'un fil de fer ou de nickel sous l'action du champ sont donnés par les courbes de la figure 3, d'un caractère si nettement différent que la cause douteuse du magnétisme dans un mélange de fer et de nickel devrait résulter avec évidence de son étude.

L'expérience, faite bientôt après par M. Nagaoka, donna la plus complète désillusion[1]. Les trois courbes supérieures de la figure représentent, en effet, les variations trouvées pour des fils de trois teneurs différentes en nickel, pour lesquels les courbes pointillées indiquent l'intensité d'aimantation en fonction du champ.

Sans nous arrêter aux détails de ces courbes, nous voyons les déformations augmenter avec le magnétisme de l'échantillon, mais en présentant

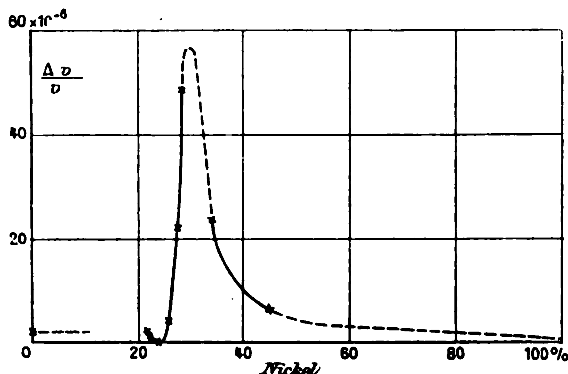


Fig. 4. — *Magnétostriction volumétrique des aciers au nickel pour un champ de 1.500 unités.*

une allure essentiellement différente de celle des changements du fer et surtout du nickel.

On pouvait espérer obtenir des résultats plus nets dans l'étude des changements du volume. Dans le fer, comme dans le nickel, ces changements sont positifs, et à peu près proportionnels aux intensités de l'aimantation que prennent ces deux métaux.

Ici encore, les résultats expérimentaux sur leurs alliages se trouvèrent entièrement différents de ce qu'on aurait pu prévoir. Les variations de volume des aciers au nickel magnétiques étaient toutes supérieures à celles du fer, mais cette fois la grandeur des déformations ne suivait pas l'ordre des intensités d'aimantation.

Une étude plus complète a permis de tracer la courbe des changements en fonction de la teneur, avec une lacune qui sera prochainement comblée. La figure 4 montre l'amplitude de la variation pour un champ de 1.500 unités. Il suffit de tracer une courbe unique pour un champ déterminé; la déformation était proportionnelle au champ, et, par conséquent, les courbes en fonction de la teneur exactement semblables, au moins aussi loin que les expériences ont pu être conduites, c'est-à-dire jusqu'à 1.800 unités. Je reviendrai dans un instant sur l'explication du phénomène si bizarre de la magnétostriction en volume.

L'effet Wiedemann seul a donné des indications apparemment nettes. Les torsions observées dans le fer et dans le nickel sont représentées, par rapport à l'axe des abscisses, par des courbes à peu près symétriques. Les résultats trouvés pour les alliages réversibles de fer et de nickel ont donné des courbes de même allure que celles du fer, opposées, par conséquent, à celles du nickel.

Des trois manifestations de la magnétostriction, la dernière est seule en opposition nette avec l'idée de M. Dumas, et conduirait à faire attribuer au fer le magnétisme et, par conséquent, toutes les anomalies des aciers-nickels réversibles. Mais les deux autres manifestations de ce phénomène ont donné des résultats si inattendus et si inexplicables à première vue, qu'on peut encore douter de l'argument apporté au débat par l'effet Wiedemann.

§ 6. — Action du champ magnétique sur l'équilibre des aciers au nickel.

Si la réponse donnée par la magnétostriction est très décevante, on peut au moins tirer, de la singulière relation entre la teneur et les variations du volume, des résultats qui me paraissent importants.

Nous avons vu que toute augmentation des propriétés magnétiques d'un alliage de fer et de nickel est accompagnée d'un accroissement réel ou virtuel du volume. Dans les réversibles, cette augmentation, due, dans les expériences décrites jusqu'ici, à un abaissement de la température, était contrebalancée et même, généralement, surpassée par la contraction purement thermique; mais, s'il était possible de produire un supplément de transformation à température constante, on devrait nécessairement observer une augmentation du volume.

Une hypothèse qui peut sembler bien naturelle suffira pour expliquer tous les phénomènes observés[2].

Supposons que, sous la simple action du champ magnétique, un corps ferromagnétique éprouve une tendance à progresser vers l'état magnétique.

Les aciers au nickel en voie de rapide transformation se trouveront dans ce cas, et devront augmenter de volume à température constante sous la

[1] H. Nagaoka et K. Honda : La magnétostriction des aciers au nickel. (*C. R.*, t. CXXXIV, p. 536.)

[2] Ch.-Éd. Guillaume : Remarques sur la note de MM. Nagaoka et Honda. (*C. R.*, t. CXXXIV, p. 538.)

seule action du champ. L'effet maximum devra coïncider à peu près avec les conditions de plus facile transformation, qui se trouveront sans doute réalisées lorsque, par l'effet de la température, elle sera déjà amorcée, mais non encore trop éloignée du début.

Cette théorie est d'autant plus probable que la valeur de la transformation qu'il faut supposer n'est pas encore très grande. Ainsi, pour un champ de 1.000 unités, la déformation est de 30 millioniémes du volume pour un alliage à 29 °/₀ de nickel, situé non loin du maximum probable de la courbe. Or, nous avons vu que, pour un alliage à 25 °/₀, la transformation complète produit un changement de volume de 2 °/₀. C'est donc seulement 0,0014 de la transformation totale qu'il faudrait attribuer à l'effet d'un champ de 1.000 unités.

La probabilité de cette hypothèse est singulièrement renforcée si nous rapprochons les phénomènes actuels d'un fait constaté par M. Curie, et sur lequel j'ai attiré l'attention au début de cette étude (p. 707); les courbes d'intensité d'aimantation dans le fer se déplacent dans l'échelle des températures lorsque le champ magnétisant augmente, *comme si le champ précipitait la transformation qui fait apparaître le magnétisme.*

Les phénomènes dont il vient d'être question sont donc contenus en germe dans ceux que présente le fer [1]. Toutefois, dans le fer, ils ne sont probablement pas alliés à un changement du volume, puisque les deux transformations y sont distinctes.

De cette étude de la magnétostriction, il n'est résulté aucun nouvel argument pour ou contre les idées de M. Dumas; mais nous y avons gagné la notion nette d'un phénomène soupçonné déjà [2] et non encore démontré par l'expérience, celui d'une action directe du champ magnétique sur l'état actuel, chimique ou de dissolution d'un corps; aux variables indépendantes dont l'action est depuis longtemps connue, comme la température ou la pression, on aura donc à ajouter le champ magnétique, dont l'effet, dans les limites accessibles à l'expérience, est peu considérable et plus rare, mais n'est probablement jamais complètement absent d'aucune réaction. Il conviendra d'en tenir compte, au moins dans certains cas particuliers, lorsqu'on voudra tirer de la règle des phases de W. Gibbs tout ce qu'elle peut donner [3].

[1] Une semblable relation a été observée dans le nickel par M. Tomlinson.

[2] H. Le Chatelier : *Contribution à l'étude des Alliages.* (Publications de la Société d'encouragement.)

H. du Bois : *Umwandlungstemperaturen im elektromagnetischen Felde.* (*Phys. Ges. Berlin*, t. 16 p. 148.)

[3] Dans les corps subissant une transformation magnétique réversible, le nombre des degrés de liberté est donc exprimé par $n + 3 - r$.

§ 7. — Conséquences à tirer de la comparaison des phénomènes observés dans les deux espèces d'alliages; expérience décisive.

Puisque la magnétostriction ne nous a donné aucune réponse positive à la question posée, nous aurions pu n'en pas parler, si nous avions eu pour unique objet d'arriver, par le plus court chemin possible, à la théorie cherchée. Mais ce détour n'a pas été inutile : il nous a fait connaître le principe nouveau qui vient d'être établi, et nous a montré comment, dans une question aussi complexe que celle dont nous avons entrepris l'étude, on peut être parfaitement entraîné dans une fausse voie.

Nous allons retrouver des arguments plus décisifs.

Le parallèle précédemment établi entre les deux ordres d'anomalies des aciers au nickel a fait apparaître immédiatement entre elles une évidente parenté, qui ressortira mieux encore de la traduction graphique des faits que nous avons tenté de rapprocher. Un coup d'œil jeté sur la figure 5 montrera, par la concordance [1] du début et de la fin de chacune des anomalies dans les phénomènes représentés dans une même colonne verticale, la dépendance de chacun d'eux d'une même modification intime de l'alliage, modification qui entraîne toutes les anomalies soumises à l'observation directe. Puis, en comparant deux à deux les phénomènes de même genre, représentés côte à côte, on se défend difficilement de l'idée que ces phénomènes sont de même nature intime. Dans un cas comme dans l'autre, l'apparition du magnétisme coïncide avec une déviation positive de la contraction de l'alliage, qui devrait se produire normalement à température descendante, et avec un abaissement du module d'élasticité, contrairement à ce qui se passe dans tous les corps métalliques étudiés jusqu'ici.

Une première idée s'impose aussitôt, c'est que la réversibilité ou l'irréversibilité, que l'on est tenté à première vue de considérer comme constituant un caractère fondamental du phénomène, n'en est qu'une modalité dépendant de l'équilibre ou de l'instabilité de la transformation; l'irréversibilité ne serait alors qu'une hystérèse thermique, de nature secondaire, exactement comme l'hysté-

[1] Je tiens à rappeler l'indication donnée plus haut relativement aux diagrammes, qui sont destinés seulement à établir une relation entre les phénomènes, mais n'ont aucune valeur métrologique. En particulier, la coïncidence des limites des diverses anomalies, que j'ai supposée *parfaite* pour établir le diagramme synthétique (fig. 5), n'a encore été démontrée qu'*approximativement*; il semble même résulter des expériences de MM. Charpy et Grenet que, dans certains cas, les transformations magnétiques et volumétriques ne commencent pas en même temps; mais ce petit écart du début des transformations n'est pas en opposition avec la théorie exposée ici.

rèse du champ, qui est la cause de l'aimantation permanente des aciers, n'est qu'un caractère accessoire du ferro-magnétisme. Mais le sens du phénomène observé présente, dans les aciers au nickel des deux classes, de telles concordances, qu'il est bien difficile d'y voir des causes distinctes.

Dirons-nous que la preuve décisive est faite? Celle qui vient d'être apportée suffirait sans doute à entraîner une sorte de conviction morale, mais d'où le doute n'est pas entièrement banni ; une série de coïncidences, même remarquables, même portant sur des phénomènes si rares qu'on n'en connait pas d'autres exemples, ne constitue pas une preuve absolue.

Certaines difficultés, qui apparaitront bientôt, exigent qu'on les aborde avec une conviction inébranlable ; elles demandent une preuve en quelque sorte mathématique.

Je crois avoir trouvé cette preuve dans une expérience cruciale fondée sur l'étude de la dilatation d'un alliage à 30,4 °/₀ de nickel, pour lequel M. Dumas avait reconnu l'existence des deux transformations superposées. En raison des conclusions qui seront tirées de cette expérience, j'en exposerai le principe avec quelque détail.

A l'état naturel, l'alliage dont il s'agit participe déjà, aux températures ordinaires, à l'anomalie négative de dilatation (voir la fig. 10 de la première partie, p. 713), due à la transformation dont nous cherchons à découvrir la nature intime.

Supposons que cette transformation réversible soit essentiellement différente de la transformation irréversible ; lorsque celle-ci aura été produite par un abaissement suffisant de la température, le fer contenu dans l'alliage aura passé à l'état fortement magnétique, et sa dilatation, qui était primitivement égale à 18 millionièmes par degré, aura été abaissée à 11 millionièmes. Comme le fer constitue les $\frac{7}{10}$ de l'alliage, la dilatation de celui-ci devra être diminuée de 5 millionièmes environ.

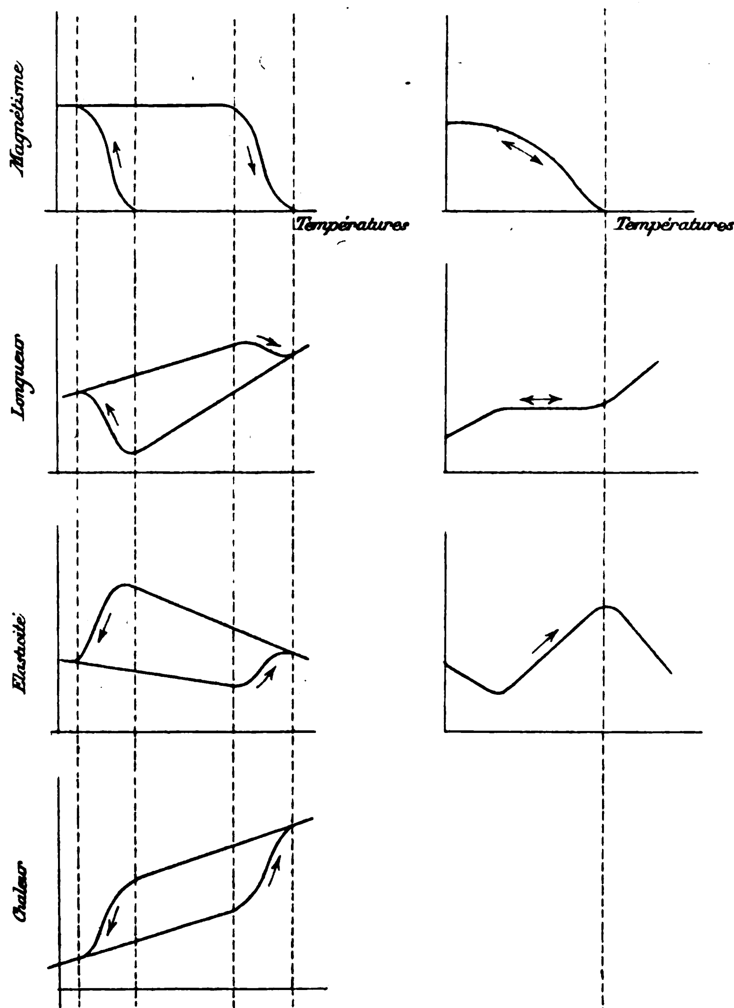


Fig. 5. — *Synthèse des propriétés des aciers-nickels.* — A gauche, alliages irréversibles ; à droite, alliages réversibles.

Supposons, au contraire, que la transformation irréversible soit de même nature intime que la transformation réversible, et ne fasse, pour ainsi dire, que la continuer. Le passage par les températures très basses aura pour ainsi dire fixé cette transformation, et lorsqu'on reviendra aux températures ordinaires, la transformation réversible, qui produit un abaissement de la dilatation, se trouvera annulée ou, tout au moins, fortement diminuée ; s'il en est ainsi, la dilatation de l'échantillon se trouvera relevée après le passage par les basses températures.

J'ai pu, grâce à l'aimable hospitalité que M. d'Arsonval a bien voulu me donner dans son laboratoire, et au bienveillant concours qu'il m'a prêté, disposer de la quantité considérable d'air liquide nécessaire au refroidissement d'une règle de 1 mètre de longueur. Après cette opération, la règle resta allongée, d'une façon permanente, de 3mm,9 ; mais, comme la transformation irréversible avait commencé à se produire peu avant que la température d'ébullition de l'air fût atteinte par la barre, il était à présumer que le passage à l'état magnétique définitif n'était pas absolument complet. Néanmoins, la dilatation mesurée au comparateur

s'est trouvé *sensiblement relevée;* de plus, son caractère avait nettement changé; la courbure, très forte dans les alliages réversibles, de la ligne représentant les dilatations à une faible distance du début de l'apparition du magnétisme, avait considérablement diminué, de telle sorte que la dilatation avait alors une allure à peu près normale [1].

La figure 6 montre, par les courbes A et B, la dilatation avant et après la transformation irréversible, par les courbes C et D celle que l'on aurait dû trouver après une transformation complète dans l'une ou l'autre des hypothèses. La courbe C n'a pas été atteinte, parce que la transformation n'était pas complète, mais le sens du phénomène ne saurait faire aucun doute.

Ce résultat n'admet plus qu'une interprétation :

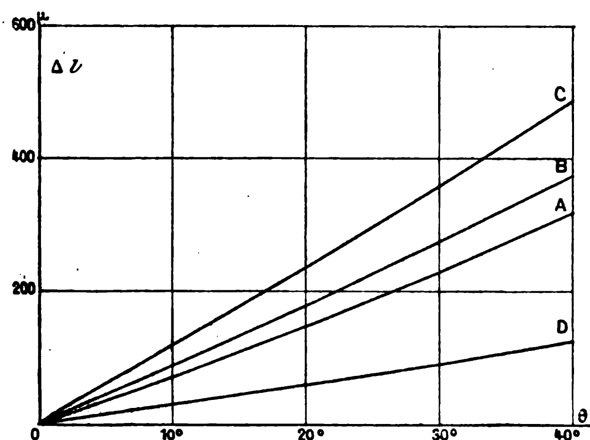


Fig. 6. — *Dilatation d'une barre d'acier à 30,4 °/₀ de nickel.* — A, à l'état naturel; B, après immersion dans l'air liquide; C, D, limites hypothétiques.

les deux transformations sont de même nature, et *les anomalies des alliages réversibles sont dues à la même cause intime que celles des alliages irréversibles; toutes ces anomalies sont donc attribuables aux transformations du fer.*

II. — Compléments a la théorie.

§ 1. — Possibilité de nouvelles preuves.

Il peut paraître bien nutile maintenant d'accumuler encore les preuves du fait qui vient d'être mis hors de doute; en revanche, il est difficile de résister au désir de montrer que, de quelque côté qu'on l'envisage, la théorie qui vient d'être exposée est satisfaisante. Les anomalies individuelles sont beaucoup plus marquées dans le fer que dans le nickel; elles y ont été découvertes sans peine, tandis que, dans ce dernier, à part la perte du ferro-magnétisme, on n'a pu qu'à l'aide d'expériences délicates retrouver une faible trace de celles qui avaient été si évidentes dans le fer. Comme conséquence, nous voyons les anomalies des aciers au nickel s'accumuler et prendre toute leur ampleur dans les alliages riches en fer, tandis que, dans ceux qui contiennent une forte proportion de nickel, rien de semblable n'a encore été constaté. Il faut même s'éloigner de 30 °/₀ du nickel pur, dans ses alliages avec le fer, pour observer, à la température ordinaire, la première trace de l'anomalie de dilatation, due à ce que l'action du fer commence à se faire sentir.

Au surplus, il serait facile, sans doute, de trouver, dans la grandeur de l'anomalie de dilatation des

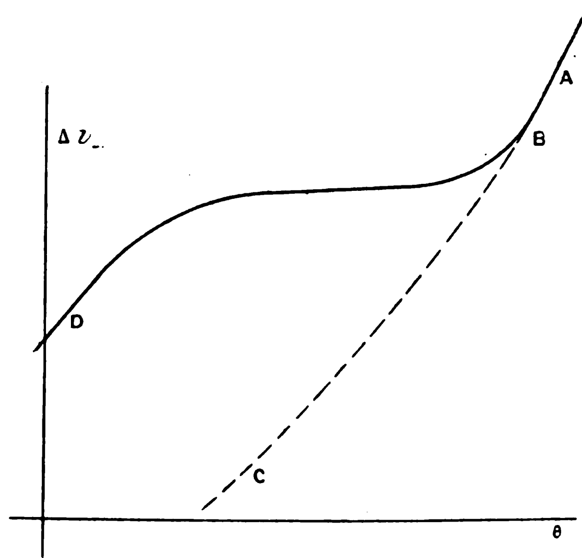


Fig. 7. — ABD, *Courbe des dilatations d'un acier-nickel réversible;* ABC, *dilatation dans le cas où la transformation du fer n'entraînerait pas de changement de son volume.*

divers alliages, une preuve quantitative de l'exactitude de la théorie qui vient d'en être donnée.

Si la transformation magnétique des alliages de fer et de nickel s'effectuait d'une façon normale, il suffirait, pour connaître la dilatation correspondant à tout état magnétique dans un alliage déterminé, d'introduire, dans l'expression de la loi des mélanges, les dilatations propres à chacun des états du fer et du nickel. A mesure de l'apparition du magnétisme, on verrait l'inclinaison de la courbe de dilatation diminuer, et prendre, au terme de la transformation, l'inclinaison correspondant au mélange du fer complètement magnétique avec le nickel. La courbe cherchée aurait donc la forme ABC (fig. 7).

Mais la transformation magnétique, tout en abaissant la dilatation réversible du fer, produit une augmentation de son volume moléculaire, dont la

[1] Déformations passagères et permanentes des aciers au nickel. (*C. R.*, t. CXXXIV, p. 596.)

valeur nous est donnée, soit par les mesures faites sur le fer pur, soit par les changements observés dans les alliages irréversibles, et qui provoque la déviation BD de la première courbe. Lorsque la transformation est complète, les deux courbes deviennent parallèles, et leur distance verticale donne la grandeur du changement du volume moléculaire.

La courbe ABD, dont j'ai indiqué la forme théorique, mais qui n'a été déterminée complètement que dans le récent travail de MM. Charpy et Grenet, sur un alliage à 39 °/₀ de nickel, permet la comparaison des données du calcul avec les faits expérimentaux.

Les deux procédés donnent une valeur de 2 °/₀₀ environ de la longueur initiale de la barre pour la distance verticale des deux courbes. Ce nombre ne peut pas, il est vrai, être déduit avec précision des courbes publiées, tracées à une trop petite échelle ; mais, en dessinant la courbe théorique dans l'hypothèse de la transformation du fer, on voit qu'elle rentre sans difficulté dans les possibilités du diagramme.

§ 2. — Causes de la prépondérance du fer.

Il est une circonstance qui semble jouer, dans cette prédominance du fer, un rôle de première importance. Nous avons vu que les alliages à forte teneur en fer, dont la température de transformation a été abaissée au-dessous de 0°, possèdent, aux températures ordinaires, une dilatation à peu près égale à celle du fer pur aux températures élevées où il se trouve à l'état γ; au contraire, le nickel non magnétique possède, à la température ordinaire, une dilatation sensiblement égale à celle du nickel magnétique à la même température (p. 715).

Il semble résulter de ces divers rapprochements le fait que, tout en restant non magnétique jusqu'à des températures basses, le nickel n'entraîne pas avec lui les propriétés essentielles qu'il possède au même état, lorsque cet état est obtenu seulement par l'élévation de la température[1].

Le nickel ne peut donc intervenir, dans les anomalies de ses alliages avec le fer, que d'une façon en quelque sorte passive, que nous chercherons plus loin à définir.

La raison d'une si grande différence dans la manière dont se comportent ces deux métaux magnétiques est peut-être assez simple. Nous avons vu que les premières additions de corps étrangers au fer commencent par abaisser la transformation supérieure, réduisant de plus en plus le domaine du fer β, jusqu'à l'annuler par la réunion en une seule des deux transformations. A partir de ce moment, l'augmentation de volume caractérisant le passage de γ à β se confond avec l'apparition du magnétisme qui sépare β de α. C'est alors, semble-t-il, cette transformation supérieure qui gouverne le phénomène, entraînant avec elle la transformation inférieure. Ce n'est pas le fer simplement non magnétique β qui a conservé, à la température ordinaire, son absence de magnétisme ; c'est le fer γ qui a transporté ses propriétés essentielles à ces températures.

Cette façon d'envisager les phénomènes est assurément hypothétique, mais l'hypothèse semble ici très probable et aura l'avantage, dans la suite, de nous permettre d'employer un langage précis, en définissant la transformation du fer dans les alliages qui nous occupent comme celle de l'état γ à l'état α.

III. — Mécanisme hypothétique des transformations du fer dans les aciers au nickel.

§ 1. — Solution en équilibre.

Les considérations qui précèdent sont presque imposées par la nature des phénomènes étudiés ; c'est à peine, en effet, si, de loin en loin, nous avons rencontré la possibilité de prendre un chemin différent de celui que nous avons suivi, et même, dans les cas très rares où une bifurcation possible s'est ouverte devant nos pas, le vrai chemin a toujours semblé nettement indiqué.

Une question se pose maintenant, la dernière à laquelle nous ayons à répondre, mais aussi la plus ardue de toutes : Quelle est la nature de la transformation du fer dans les aciers au nickel ? Question qui peut être mise sous la forme : Quel est l'état de mutualité dans lequel se trouvent les divers constituants de ces alliages ?

Nous pourrions esquiver une telle question, à laquelle il ne semble pas possible encore de répondre autrement que par une hypothèse ; mais si, même erronée dans son ensemble, cette hypothèse contient une part de vérité ; si elle est susceptible de guider de nouvelles recherches ; si, en un mot, elle est féconde ou simplement utile, il serait regrettable qu'elle n'eût pas été au moins exprimée.

Nous avons renoncé, dès le début, à l'une des hypothèses possibles, celle des combinaisons définies et des dissociations partielles ou totales ; il ne reste donc qu'à nous engager résolument dans celle de la dissolution mutuelle ; mais cette idée peut revêtir des formes multiples entre lesquelles il faudra choisir.

[1] Pour éviter tout malentendu, je tiens à dire encore que la théorie exposée ici ne doit être considérée que comme une première approximation, et qu'en affirmant la prépondérance des transformations du fer dans les phénomènes étudiés, je ne prétends pas que celles du nickel ne jouent aucun rôle ; je veux dire seulement que ce rôle est très effacé, et difficile à apercevoir nettement dans le résultat des expériences métrologiques faites jusqu'ici.

L'étude des états du fer ou du nickel purs s'impose tout d'abord.

Nous avons vu que l'une des particularités de leurs transformations est de n'être brusques dans aucun cas; le passage du fer de l'état β à l'état α est même d'une extrême lenteur, bien qu'entièrement réversible dans le métal pur. Ici, dans un très large domaine de température, de pression, de champ magnétique, les deux phases α et β sont en présence, formant, au moins au-dessous de 755°, un système trivariant en équilibre. L'état est-il celui de la dissolution mutuelle? Peut-être. Cependant l'analogie paraît plus parfaite avec d'autres phénomènes bien connus, si nous envisageons le fer α comme un dépôt cristallin dans une eau-mère constituée par le fer β, prêt à laisser échapper une nouvelle quantité de fer α dès que la température s'abaisse. C'est une hypothèse analogue que je chercherai à développer, sans me dissimuler que la première est presque aussi probable.

Ajoutons du nickel; immédiatement la température de transformation s'abaissera, et, outre la substitution graduelle du fer γ au fer β comme dissolvant, nous serons conduits à envisager le nickel comme un dissolvant supplémentaire, mélangé au fer γ et l'aidant de son action. La température devra être abaissée plus fortement que dans le fer pur pour provoquer le dépôt d'une portion déterminée du fer sous la forme α. En même temps apparaîtront les phénomènes irréversibles.

L'irréversibilité sera considérée ici comme un phénomène analogue à la sursaturation, mais une sursaturation d'un genre particulier, en ce sens qu'elle se produit avec une remarquable régularité dans les alliages laissés en repos tandis qu'on les refroidit graduellement. La courbe inférieure des transformations peut, en effet, être tracée avec une continuité parfaite en fonction de la teneur, montrant non seulement que le retard est toujours le même dans un échantillon donné, mais que ce retard est une fonction bien définie de la composition. De plus, le terme de la sursaturation n'est pas brusque, comme si, dans ce faux équilibre manifeste, il régnait encore une sorte de loi d'équilibre, susceptible d'être caractérisée en disant que les forces tendant à faire disparaître les tensions reprennent leur équilibre avec les résistances passives lorsque l'action de ces forces a été amoindrie à l'aide d'une satisfaction partielle qui leur est donnée par l'alliage.

Une comparaison fera mieux comprendre le genre d'équilibre dont il s'agit ici : Supposons qu'un fil métallique très long soit fixé par une extrémité à un obstacle invariable, et agisse, par l'autre, sur un mobile posé sur un plan rugueux. Si nous refroidissons le fil, il exercera une traction sur le mobile, mais, au-dessous d'une certaine force, celui-ci sera retenu en place par le frottement. Si la traction devient suffisante, le frottement sera vaincu, et le mobile éprouvera un petit déplacement; les forces antagonistes existeront toujours, mais le système sera de nouveau en équilibre.

Supposons maintenant que nous laissions remonter la température ; le mobile restera en place ; mais, si nous refroidissons de nouveau, les tensions reparaîtront, et le mouvement recommencera à la température à laquelle il avait cessé, à moins toutefois que, par le fait du séjour prolongé du mobile sur le même point du plan, le coefficient de frottement au démarrage ait augmenté, et que le démarrage soit brusque.

L'ensemble des mouvements qui viennent d'être décrits est identique à la marche des transformations des aciers au nickel irréversibles, dans le passage de l'état non magnétique à l'état magnétique.

Il est à peine besoin de faire remarquer que la transformation inverse admet la même assimilation, à la seule condition de considérer le fil comme rigide. La faible étendue de la transformation supérieure indique seulement que, à la température élevée où elle se produit, le frottement est considérablement diminué ; cependant, il ne semble pas complètement annulé, et on est conduit à considérer l'état d'équilibre comme existant très peu au-dessous de la courbe supérieure de transformation, mais non sur cette courbe.

On fixerait la courbe de l'équilibre parfait en soumettant à une opération telle que le tréfilage une série graduée d'alliages, à des températures croissantes ; l'équilibre serait caractérisé par le fait que deux fils du même alliage, introduits dans la filière l'un à l'état non magnétique, l'autre à l'état magnétique prendraient tous deux le même état, par exemple faiblement magnétique.

Ces quelques considérations sont de nature à lever les difficultés que l'on pourrait être tenté de voir dans l'assimilation des phénomènes observés dans les aciers au nickel avec ceux que présentent les solutions saturées. Ces dernières ont été étudiées surtout dans des liquides parfaits; mais les solutions faites dans un corps présentant à la fois de la viscosité et de la rigidité, tel que la gélatine, offriraient probablement un ensemble de phénomènes semblable à celui que nous cherchons à interpréter.

§ 2. — Réversibilité et irréversibilité.

Mais, dira-t-on, si les phénomènes observés dans les aciers au nickels sont conformes aux images qui viennent d'en être données, comment faut-il comprendre l'existence d'alliages sensiblement ré-

versibles, c'est-à-dire à peu près dénués de frottement interne? La difficulté est sérieuse, mais ne paraît pas insurmontable.

Les alliages irréversibles sont riches en fer; en d'autres termes, le dépôt de fer α s'effectue dans une solution concentrée, en cristaux qui prennent immédiatement des dimensions appréciables. J'ai signalé, en effet, tout récemment[1], le fait d'un échantillon qui, primitivement poli, était devenu visiblement mat après le passage à l'état magnétique, et sur la surface duquel l'examen au microscope a révélé la présence de cristaux de plusieurs centièmes de millimètre de longueur, qui, s'étant formés à une température très basse, avaient pour ainsi dire crevé la surface et étaient devenus très apparents. De tels cristaux ne pourront évidemment pas se redissoudre à température basse, et, pour les faire disparaître, il faudra les ramener au voisinage des températures auxquelles ils ont une tendance naturelle à se transformer, pour les voir reprendre l'état non magnétique qu'ils avaient abandonné.

Mais que se passera-t-il dans une solution diluée? Ici, la formation de cristaux volumineux nécessiterait la longue migration d'un grand nombre de molécules de fer vers des centres d'attraction où s'effectuerait leur agglomération. De petits groupes de molécules peuvent alors seuls se constituer, en cristaux minuscules, entourés de toutes parts du dissolvant. Que les facteurs de l'équilibre viennent à changer, ces cristaux très disséminés augmenteront de volume, ou rentreront en solution accompagnés d'une augmentation ou d'une diminution de l'état magnétique et de tous les phénomènes visibles qu'une telle modification entraîne[2].

A la limite des deux catégories d'alliages, le phénomène devient hybride. Un alliage à 30 °/₀ de nickel, par exemple, s'il est peu carburé, laissera déposer d'abord du fer α, en grains largement séparés; peu à peu, à mesure que la température s'abaissera, les grains grossiront, puis, lorsqu'une certaine limite aura été dépassée, et qu'ils pourront arriver au contact les uns des autres, ils s'aggloméreront en masses considérables, qui ne seront plus susceptibles de se dissoudre.

Dans l'exemple précédemment donné d'un tel alliage, nous avons vu le fait singulier d'une transformation réversible suivie d'une irréversibilité seulement partielle. Une partie des cristaux élémentaires s'étaient rejoints, d'autres restaient disséminés, et pouvaient se redissoudre à température ascendante dans le nickel laissé en excès par la formation des gros cristaux. D'ailleurs, un phénomène analogue est évident dans tous les alliages irréversibles qui ne sont pas les plus riches en fer. Un alliage à 24 °/₀, par exemple, passe de la dilatation 18.10^{-6}, en forte anomalie positive, à la dilatation 10.10^{-6}, en faible anomalie négative; celle-ci est due, sans aucun doute, à de très petits cristaux isolés, qui n'ont pas pu s'agglomérer avec la masse, mais qui se dissolvent ou se déposent pour leur propre compte, créant dans l'alliage, irréversible dans son ensemble, une très faible proportion d'alliage réversible[1].

§ 3. — Analogie avec les couches de passage.

Les idées émises par M. Dumas avaient, ainsi que nous l'avons vu, de sérieux appuis dans les phénomènes observés; elles expliquaient à merveille, en particulier, le fait que la continuité existe parfaite entre le nickel pur et les alliages avec le fer jusqu'à une forte proportion de ce dernier. Et, cependant, nous avons vu que ces idées ne rendent pas compte de l'ensemble des phénomènes, et que, à toutes les teneurs, les anomalies observées sont attribuables au fer.

Mais comment expliquera-t-on maintenant le fait que, dans les solutions diluées de fer dans le nickel, le premier adopte la température de transformation du second, alors que, dans toutes les autres solutions diluées, les métaux doués de magnétisme perdent cette propriété?

Je crois que la solution de ce délicat problème nous est donnée par la considération des couches de passage, dont les propriétés, dans le cas du magnétisme, ont été admirablement mises en lumière par M. Ch. Maurain[2].

Parmi les phénomènes étudiés par M. Maurain, il nous suffira d'en retenir un seul. Un dépôt de fer, effectué sur un corps indifférent, ne prend, dans un champ magnétique peu intense, des propriétés bien définies que lorsqu'il atteint une certaine épaisseur, de l'ordre de 0μ,1. Pour les couches extrêmement minces, la susceptibilité magnétique est représentée par une courbe tangente à l'axe des abscisses à l'origine. En d'autres termes, les premiers dépôts de fer ne sont pas magnétiques,

[1] Ch.-Éd. Guillaume : *Déformations passagères et permanentes, etc.*

[2] Cette image des phénomènes m'a été suggérée par M. Potier.

[1] Le mode d'action du carbone, qui, dans les aciers au nickel irréversibles, abaisse la courbe de transformation inférieure, consiste sans doute dans l'accaparement d'une partie du fer avec lequel il forme de la cémentite (Fe^3C), dans laquelle le fer est soustrait à la transformation. La teneur en fer transformable est ainsi diminuée de 14 °/₀ environ pour 1 °/₀ de carbone. L'abaissement apparent de la courbe de transformation devrait donc être interprété plutôt comme un glissement horizontal modifiant les proportions respectives du fer et du nickel dans l'alliage.

[2] Ch. Maurain : Magnétisme, couches de passage et actions à petite distance. (*Rev. gén. des Sciences*, t. XII, p. 1059; 1901.)

et le fer en contact avec un corps indifférent — ou aussi le fer isolé de tout support — n'est magnétique que lorsqu'il atteint une épaisseur suffisante.

D'autre part, le dépôt effectué sur un corps magnétique placé dans le champ est immédiatement magnétique comme s'il était en plus forte épaisseur.

M. Maurain n'a étudié que les *manifestations magnétiques* des corps magnétiques; dans son exposé, la notion de l'*état magnétique*[1] se confond donc nécessairement avec celle de l'aimantation, qui est la traduction immédiate des phénomènes observés. Mais faisons un pas de plus; admettons que la qualité d'être magnétique existe sans aucune manifestation provoquée par l'existence du champ magnétique. Nous traduirons les résultats de M. Maurain en disant qu'un dépôt de fer sur un support constitué par un métal non magnétique n'acquiert des propriétés magnétiques que lorsqu'il possède une certaine épaisseur. Si, au contraire, il est déposé sur un support magnétique, il prend immédiatement des propriétés magnétiques.

Ce qui vient d'être dit des couches de passage sera encore vrai des particules disséminées dans le milieu magnétique ou non; et l'on en conclura que le fer, fortement dilué dans le nickel, devra être magnétique ou non magnétique en même temps que celui-ci, c'est-à-dire devra posséder la même température de transformation.

Ainsi se trouve levée la dernière difficulté que la théorie de M. Dumas avait momentanément aplanie, mais qui est reparue lorsque cette théorie a dû céder à la réalité des faits contraires.

Les idées qui viennent d'être développées admettent de faciles objections; on pourra prétendre que l'extrapolation admise des résultats obtenus par M. Maurain est encore bien hypothétique. Je ne me le dissimule pas, et me bornerai à répondre par avance que je n'ai point prétendu exposer ici une théorie définitive, mais seulement montrer l'une des voies dans lesquelles une théorie future pourra chercher à s'engager.

Si l'assimilation qui vient d'être indiquée était admise, on en conclurait immédiatement que les propriétés si remarquables des aciers au nickel sont dues précisément au fait que le fer est dilué *dans le nickel*, c'est-à-dire dans un corps magnétique possédant un point de transformation plus bas; et, comme le nickel est seul dans ce cas, on serait logiquement conduit à en inférer que les alliages du fer avec le nickel sont les seuls alliages dans lesquels puissent exister de telles anomalies.

§ 4. — Examen de quelques difficultés.

La série des hypothèses par lesquelles j'ai cherché à rendre compte des phénomènes qui nous occupent ne met pas la théorie à l'abri des objections. Pour y parvenir, il faudrait avoir recours à de nouvelles hypothèses; mais, arrivé à ce point, il vaut mieux, me semble-t-il, avouer franchement les difficultés que de chercher à ruser avec elles.

Signalons d'abord un fait mis en lumière par M. Bruce Hill, relativement à l'abaissement moléculaire du point de transformation du nickel additionné de corps non magnétiques. Ayant tenté d'appliquer la formule classique de M. van't Hoff[1] :

$$\Delta\Theta = \frac{0.02\,\Theta^2}{ML}$$

au calcul de l'abaissement du point de transformation par l'addition de cuivre ou d'étain, M. Hill trouve des valeurs très supérieures à celles que donne l'expérience. J'ajouterai que, si l'on rapproche de ses résultats ceux de M. Dumas cités plus haut, on trouve non seulement que les valeurs théoriques et expérimentales divergent, mais encore que l'écart varie beaucoup d'un corps à l'autre.

Cette apparente anomalie ne constitue pas une difficulté; elle prouve simplement que la formule de van't Hoff ne s'applique pas aux transformations magnétiques, probablement pour la simple raison que ces transformations ne s'opèrent pas à une température déterminée, mais s'étendent sur un large intervalle. La théorie exposée plus haut, loin d'être mise en défaut, fournirait plutôt une explication logique du fait indiqué par M. Hill. Dans le cas du nickel pur, nous avons à considérer un équilibre, variable avec la température, entre les variétés α et β; si nous ajoutons un corps étranger, l'équilibre s'établit entre trois phases distinctes,

[1] Cette distinction est évidemment nécessaire. En effet, si même cette propriété particulière qui consiste à être attirable à l'aimant est la plus évidente de celles qui distinguent un corps magnétique de la généralité des corps, il est certain qu'elle n'est pas la seule, et qu'indépendamment de l'action du champ magnétique, les corps susceptibles d'être actionnés par lui possèdent une structure particulière, indépendante de cette action du champ, et qui en est la condition primordiale. Le dégagement de chaleur que l'on constate dans le passage à l'état magnétique est la preuve évidente d'une transformation moléculaire, dont l'essence nous est inconnue, mais qui semble devoir être ralliée aux phénomènes de polymérisation.

La nature de cette transformation est d'autant plus mystérieuse qu'elle n'affecte pas l'état cristallin; ainsi, d'après MM. Osmond et Cartaud (Sur la cristallisation du fer, *Annales des Mines*, août 1900), le fer α et le fer β sont isomorphes; c'est là, d'ailleurs, comme l'on sait, la condition de leur équilibre étendu. Si, comme il est très probable, la même isomorphie existe dans le nickel, on trouvera là une raison de plus pour que l'abaissement de sa région de transformation ne suive pas la loi de van't Hoff. (Voir plus loin.)

[1] $\Delta\Theta$, abaissement de la température de transformation Θ par l'addition de 1 gr. du corps de masse moléculaire M à 100 gr. du dissolvant; L, chaleur de transformation.

le métal non magnétique introduit dans le nickel augmentant seulement le pouvoir de dissolution du nickel β.

Mais il est des difficultés plus sérieures. Ainsi, en admettant, comme nous l'avons fait, que tous les phénomènes observés soient dus aux transformations du fer, sans hypothèse accessoire, on s'explique mal l'existence de la courbe réversible, c'est-à-dire sans frottement, passant au-dessous de la courbe irréversible supérieure, qui n'est certainement pas très éloignée de la courbe d'équilibre stable.

On voit difficilement aussi la raison pour laquelle le carbone agit très fortement sur la courbe irréversible et très peu sur l'autre. Nous avons admis, ce qui semblait très plausible, que cet abaissement est dû à l'accaparement d'une partie du fer par le carbone, dans la combinaison Fe^3C, diminuant la teneur de l'alliage en fer actif. Mais pourquoi le carbone rend-il sa liberté au fer dans les alliages de la deuxième catégorie? Serait-ce parce que, lorsqu'il a atteint un certain degré de dilution, le fer se trouve dans un état chimique différent de celui de fer pur? Mais alors pourquoi se comporte-t-il physiquement d'une façon si semblable à celle qui a été constatée dans le fer isolé ou dans les alliages irréversibles? La réponse à ces questions est très embarrassante.

D'autre part, si l'on considère le diagramme complet des transformations magnétiques des aciers au nickel où la température est portée en fonction de la teneur (fig. 5), on ne peut se défendre de lui trouver une étrange analogie avec certains morceaux d'autres diagrammes, tels, par exemple, que celui des températures de solidification des hydrates de perchlorure de fer, si bien étudiées par M. Roozeboom, ou encore celui des alliages d'or et d'aluminium, tracé par MM. Heycock et Neville. Dans l'un comme dans l'autre, on observe une chute rapide, dans le premier cas par l'addition du perchlorure de fer à l'eau, dans le second, par l'introduction de l'aluminium dans l'or en fusion[1]; puis un brusque relèvement se produit, dont le maximum correspond, dans le premier diagramme, au sel cristallisé avec douze molécules d'eau, dans le second, à l'alliage $AuAl^2$. Dans ces deux exemples, le maximum indique une combinaison définie, qui, de part et d'autre, se dilue dans un dissolvant.

N'est-ce point à une telle conception que ramènerait l'indication donnée par la température maxima de la transformation des alliages réversibles? Et, après avoir délibérément rejeté les combinaisons définies, n'y sera-t-on pas ramené, au moins pour l'alliage $FeNi^2$, déjà envisagé par M. Osmond comme donnant une explication possible? Poser la question n'est pas la résoudre, car, pour pouvoir expliquer, par l'existence de cet alliage défini, l'ensemble des faits observés, il faudrait lui attribuer toute une série de propriétés si semblables à celles du fer qu'elles constitueraient, entre les deux corps, la réelle identité physique.

IV. — Conclusions.

Les difficultés que je viens de signaler, et tant d'autres sur lesquelles il est superflu d'insister, semblent, à première vue, éloigner de nous la vraie théorie des aciers au nickel, au moment même où nous pensions la saisir. On aurait tort, cependant, de s'en exagérer l'importance. Cette théorie n'est pas encore complète, nous le savons, et elle nécessitera sans doute, pour sa définitive édification, à la fois de longues recherches expérimentales et une application judicieuse des principes qui se sont montrés si féconds dans l'explication des propriétés générales des alliages. Mais, telle qu'elle existe aujourd'hui, elle nous présente déjà un échafaudage assez solide pour que nous puissions nous appuyer sur lui sans craindre de le sentir s'effondrer.

Déjà cette théorie est assez bien établie pour être féconde. Elle nous a permis, par exemple, grâce à la loi du déplacement des mêmes propriétés, à la fois dans l'axe des teneurs et celui des températures, de tracer des diagrammes complets relatifs, par exemple, aux variations du volume ou de l'élasticité, alors que l'on ne possédait, par le fait de l'expérience, que des tronçons relatifs à divers alliages, dans un intervalle de température restreint.

Nous pouvons aller plus loin, et définir mieux la forme des courbes aux diverses teneurs, dont nous n'avons montré jusqu'ici qu'un aspect général.

Les propriétés anomales des alliages réversibles étant dues aux transformations réversibles du fer, étalées sur un large intervalle, il sera naturel d'admettre que les anomalies seront d'autant plus intenses que l'alliage sera plus riche en fer. Les courbes iront donc en se déformant progressivement, faisant apparaître, aux faibles teneurs en nickel, de fortes déviations de la courbe normale, qui, peu à peu, se transformeront en simples accidents lorsqu'on s'approchera du nickel pur. Il suffit de donner ici un aperçu de ce que doivent être les changements réversibles du volume. Dans la région non magnétique, l'inclinaison de la courbe sera d'autant moindre que l'alliage sera plus riche en nickel; en effet, le fer transporte,

[1] Je néglige ici une série de points anguleux compris entre les alliages Au^4Al et $AuAl^2$.

jusqu'au seuil de la courbe de transformation, la dilatation qu'il possède à l'état γ, tandis que le nickel conserve la dilatation correspondant à la température à laquelle il se trouve, et qui, dans tout l'intervalle considéré, est moindre que celle du fer non magnétique dans l'alliage (Voir figure 5).

La figure 8 montre la transformation progressive des courbes D. Les teneurs sont représentées

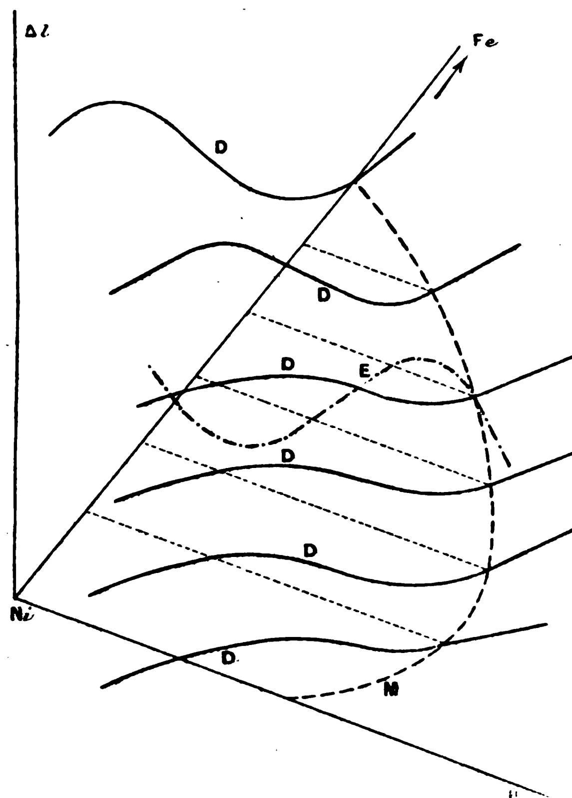


Fig. 8. — *Courbes* D, *changements progressifs de la courbe de dilatation d'un acier-nickel en fonctions de la teneur. Courbe* E, *variation du module d'élasticité en fonction de la température.*

sur l'axe fuyant, les températures en abscisses, et les longueurs en ordonnées.

L'abscisse du point d'intersection de chacune des courbes avec la directrice M, séparant la région magnétique de la région non magnétique, dans le plan des teneurs et des températures, indique la teneur de l'alliage dont la courbe en question représente la variation de volume.

On tracerait, de la même manière, le diagramme général des élasticités, dont la courbe pointillée E rappelle le type.

L'étude des transformations des alliages du fer avec le nickel est non seulement susceptible de généralisation lorsqu'il s'agit de ces alliages; elle permet aussi d'intéressantes déductions concernant les propriétés du fer. Ainsi, aucune expérience faite jusqu'ici n'a permis de tirer des conclusions positives au sujet des changements du module d'élasticité du fer à travers ses transformations[1]. Mais nous avons vu que, lorsque le fer se transforme dans l'alliage, le module d'élasticité s'abaisse en même temps que la température. Retournant à la source des anomalies, nous devons conclure aussi qu'un phénomène semblable se produit dans l'une des transformations du fer pur. Les deux transformations étant confondues dans l'alliage, nous n'avons pas un indice certain de celle d'entre elles qui est accompagnée de cette modification anormale du module; cependant, il ne saurait guère y avoir de doute à cet égard; le passage du fer γ au fer β est accompagné d'une variation anormale du volume, et, si l'on pense que les réactions élastiques sont, avant tout, une fonction des distances moléculaires, on sera conduit à admettre que c'est dans cette transformation que la variation du module subit un changement de direction. S'il en est vraiment ainsi, on devra trouver que le changement de longueur d'un fil dans la transformation en question est d'autant plus marqué que le fil est plus fortement tendu. En effet, les variations de longueur au repos sont ici augmentées des changements dus aux déformations élastiques.

D'une manière générale, l'étude des alliages du fer avec le nickel, outre l'intérêt qu'elle présente pour elle-même et pour la seule connaissance de ces alliages, est peut-être la meilleure préparation à l'étude des modifications que subit le fer aux températures élevées. Transportés par une addition de nickel dans la région des températures ordinaires, ces changements sont étudiés avec la plus grande facilité dans leurs plus délicates manifestations, alors que rien ne les eût fait découvrir aux hautes températures, en raison de toutes les difficultés qu'y rencontre l'expérimentation. La magnéto-striction en est un exemple, l'élasticité en est un autre; on les multiplierait sans peine, mais il peut suffire, pour le moment, d'avoir montré la fécondité de la méthode.

Ch.-Éd. Guillaume,
Directeur adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

[1] Seule, une expérience de M. Howe, sur laquelle M. Osmond a bien voulu attirer mon attention, a montré qu'il existe, à haute température, une anomalie de la variation du module du fer, mais sans qu'il ait été possible d'en définir le caractère

LE PARASITISME DANS LE RÈGNE ANIMAL

I. — Les différents degrés de parasitisme.

Il est difficile de donner une définition précise du parasitisme, ce genre de vie, très répandu dans le règne animal, offrant toutes sortes de degrés et de variétés[1]. D'une façon générale, on désigne sous le nom de *parasite* tout animal qui associe son existence à celle d'un être vivant et subsiste plus ou moins aux dépens de cet hôte sans mettre sa vie en danger. Il peut, du reste, ne lui faire aucun tort et profiter seulement de sa protection (*commensalisme*), et même payer par de menus services l'aide qu'il reçoit de son associé (*mutualisme*), par exemple en le dissimulant aux regards de ses ennemis ou de ses victimes ou en le débarrassant de produits inutiles, comme c'est le cas des Caliges, Crustacés qui font disparaître le mucus en excès sur la peau des Poissons. Le parasite le plus redoutable diffère donc du carnassier, qui tue sa proie pour s'en repaître (*prédatisme*), et, bien qu'il se nourrisse souvent de la substance même de son hôte, il se distingue du prédateur par des ménagements pour sa victime.

En fait, cependant, il est très difficile de fixer des limites, de dire où cesse le prédatisme, où commence le parasitisme. Ainsi, dans le groupe des Hirudinées, la Malacobdelle, qui habite sur le corps des Myes, la Pontobdelle, sur celui des Raies, sont des parasites; l'Aulastome, qui vit libre dans les ruisseaux et se nourrit de Vers et de Mollusques, est un prédateur; mais la Sangsue officinale, libre, mais s'attachant au corps de sa victime pour en sucer le sang, est-elle un prédateur ou un parasite? On lui donne volontiers ce dernier qualificatif. Certains Hyménoptères déposent leurs œufs dans le corps d'autres Insectes, où ils éclosent et se développent; les larves d'Ichneumons mangent ainsi peu à peu les tissus de leur hôte qui, cependant, continue à s'accroître et à subir son évolution jusqu'au moment où il est à peu près complètement dévoré; on regarde couramment ces larves entomophages comme des parasites, et cependant personne ne qualifie ainsi les larves de *Sphex* qui se comportent de la même façon dans une proie vivante, mais paralysée avant la ponte par la prévoyance de la mère. On voit que le parasitisme se rattache très étroitement au prédatisme pur.

Il se relie mieux encore, par une série continue de cas aussi nombreux que variés, à la catégorie des phénomènes d'association et de symbiose pure, dont nous trouvons, chez les Végétaux, l'exemple le plus typique dans l'union de l'Algue et du Champignon pour former le Lichen. Et de ce côté, également, il est impossible de tracer les limites des phénomènes parasitaires. On considère comme des parasites les mâles nains qui vivent fixés sur la femelle, comme le mâle microscopique de la Bonellie dans le canal évacuateur des œufs chez sa femelle géante; mais on n'a jamais parlé de commensalisme à propos de ce Distomien du sang de l'Homme, la *Bilharzia hæmatobia*, dont la femelle est logée dans une gouttière formée par le corps du mâle. Les deux cas sont pourtant assez comparables, mais il est difficile de dire, dans le second, quel individu est parasite de l'autre. Souvent, du reste, le parasitisme est, au fond, réciproque, et si nous ne nous en apercevons pas immédiatement, c'est que nous sommes naturellement portés à le voir unilatéral, le terme parasite éveillant l'idée d'un support dans le langage courant. C'est pour cette raison qu'on ne conçoit guère le parasite que comme moins grand que sa victime; mais il est des cas où un animal peut exploiter un être beaucoup plus petit que lui; dans l'association de la *Convoluta* et des Zoochlorelles, le Turbellarié paraît être en partie nourri par l'Algue, et c'est lui, semble-t-il, qui tire le plus grand bénéfice de leur union.

Enfin, il est toute une catégorie de phénomènes qui pourraient à bon droit relever du parasitisme et que l'esprit se refuse à y faire rentrer : nous voulons parler des rapports de l'œuf et des embryons avec le parent. L'œuf, après la fécondation, constitue, dans l'organisme maternel, un organisme distinct : son évolution dans une cavité incubatrice, le développement des embryons à placenta surtout sont de véritables cas de parasitisme. En quoi le développement des œufs et des têtards de *Pipa americana*, dans des logettes de la peau enflammée de la femelle, diffère-t-il de maints cas de parasitisme cutané? Aussi certains auteurs, Houssay par exemple, n'hésitent pas à parler du « parasitisme spécial des embryons sur l'organisme maternel ».

On voit, par ces exemples, qu'il faut renoncer à préciser les limites du parasitisme, que chaque biologiste étend ou rétrécit à son gré.

On peut encore moins facilement classer les parasites, les répartir dans des catégories rigoureusement définies. Il ne peut être question d'une classification zoologique naturelle fondée sur la

[1] Dans cet article, nous laisserons de côté le parasitisme intracellulaire des Protozoaires, dont l'étude relève de la Microbiologie et de la Pathologie générale.

morphologie, spéciale aux parasites et distincte de la classification générale des animaux, car ils ne constituent pas un groupe à part dans le règne animal. Les parasites sont des représentants, spécialisés dans un certain sens, des types les plus divers. Il n'y a aucune grande section du règne animal qui ne compte des formes parasites à un degré quelconque, à l'exception toutefois des Procordés, chez lesquels on n'en a pas signalé jusqu'ici; il serait bien surprenant qu'on n'observât pas un jour des cas de commensalisme parmi les Ascidies composées. Le haut degré d'organisation et de spécialisation d'un groupe n'exclut pas le parasitisme. Parmi les Echinodermes, qui constituent cependant un type très différencié, certains Ophiurides ne se trouvent jamais que sur des Polypiers, et leur homochromie atteste leur commensalisme constant. Si les cas de parasitisme sont plus nombreux dans les groupes inférieurs, on n'en trouve pas moins beaucoup parmi les formes élevées. On connait les exemples si abondants et si remarquables offerts par les Arthropodes. Chez les Mollusques, sans parler des nombreux cas de commensalisme, il est certaines espèces que le parasitisme interne a dégradées au point de les rendre méconnaissables (*Entocolax*, *Entoconcha*). Les Vertébrés également ne dédaignent pas d'exploiter leurs voisins ou même des êtres très inférieurs. Le Coucou agit en parasite en faisant couver ses œufs et nourrir ses petits par d'autres oiseaux. On a signalé nombre de Poissons commensaux, se cachant dans la cavité branchiale d'autres Poissons, dans la cavité gastrique d'Actinies, dans l'arbre respiratoire d'Holothuries même (*Fierasfer*); la Bouvière de nos cours d'eau pond ses œufs dans les branchies de l'Anodonte.

Les parasites n'ayant de commun entre eux que leur genre de vie, une classification basée sur leur biologie est seule possible; encore ne doit-on pas chercher à établir des catégories bien closes. Elles sont fondées sur la manière d'agir des parasites vis-à-vis de leurs hôtes. Tous les animaux parasites ne le sont pas au même degré, et, en général, ceux qui sont *externes* le sont moins que les *internes;* mais les limites de l'ecto- et de l'endoparasitisme restent imprécises. Il faut tenir compte aussi des parasites *englobants* ou *périparasites* (Vuillemin), comme les animaux inférieurs qui exploitent des Algues enfermées dans leurs tissus (*Convoluta*, par exemple). La meilleure classification est celle adoptée par P. J. Van Beneden, qui distingue les *parasites proprement dits*, plus ou moins nuisibles à leur victime (Ténia, Sacculine), les *commensaux*, qui demandent surtout à leur hôte un abri et profitent parfois du superflu de ses festins (Copépodes de la cavité buccale des Poissons), les *mutualistes*, qui font échange réciproque de bons services. Une des plus curieuses de ces associations est celle d'un Pagure ou Bernard l'Ermite et d'une Actinie du genre *Adamsia*, qui se fixe sur la coquille de Gastéropode où ce Crustacé loge son abdomen mou. L'Actinie lui est utile en le dissimulant vis-à-vis de sa proie et en le protégeant contre les autres carnassiers, car elle n'est pas comestible. En échange, il la nourrit au besoin en lui passant avec ses pinces des débris d'aliments, et la symbiose existe à ce point que, s'il change de coquille, le Pagure a soin d'avertir son associée et de l'aider à opérer elle-même son déménagement.

Mais cette classification, si nette en apparence, n'a qu'une valeur toute relative. L'état tout à fait rudimentaire de nos connaissances sur l'éthologie des animaux inférieurs la rend le plus souvent inapplicable ; trop de cas restent incertains et les groupements sont fréquemment arbitraires. Il peut se faire qu'un animal soit pour le même hôte un parasite nuisible ou un mutualiste utile suivant les circonstances. Certaines Anguillules infestent des plantes potagères et déterminent la production, sur leurs racines, de nodosités spongieuses susceptibles d'emmagasiner l'eau en excès. Dans les terrains humides, ces tubérosités pourrissent et sont dangereuses pour la plante, dont elles causent le dépérissement, tandis qu'elles lui permettent, au contraire, de prospérer dans des terrains sablonneux et arides, où elle ne pourrait vivre sans le secours de ces espèces de réservoirs. On saisit là un des points faibles de la classification éthologique. Son emploi est assurément fort commode dans un ouvrage de vulgarisation, où l'on ne cite que des exemples typiques; mais il n'en est plus de même lorsqu'on veut embrasser tous les cas. Cette critique s'applique encore plus justement aux subdivisions du second degré tentées dans ces grandes sections : division des commensaux suivant qu'ils sont libres ou fixés, groupement des parasites proprement dits d'après la période de leur existence pendant laquelle ils mènent ce genre de vie spécial et le nombre d'hôtes qu'ils habitent parfois successivement. En se plaçant à ce dernier point de vue, on risque d'aboutir au chaos ; on rencontre, en effet, toutes les variétés possibles de circonstances, et cela dans le même groupe zoologique : celui des Nématodes, en particulier, nous en fournit un bon exemple.

Ce n'est assurément pas une des particularités les moins intéressantes du parasitisme, que cette variabilité de la durée et de l'époque de l'habitat parasitaire. Les animaux qui sont parasites toute leur vie sont plutôt l'exception (Sporozoaires, Ténias proprement dits, Trichine). En général, il y a dans la vie d'un parasite au moins une phase, si

courte soit-elle, où il mène une existence libre (embryon cilié du Bothriocéphale). C'est le plus souvent dans le cours de leur développement larvaire que les vrais parasites sont libres, comme on le constate chez de nombreux Crustacés, Cestodes, Trématodes : ils peuvent l'être plus ou moins longtemps, parfois à deux reprises (embryon cilié et cercaire des Douves). Dans d'autres cas, c'est, au contraire, pendant son développement que l'animal est parasite, l'adulte devenant absolument libre : les Méloïdes, les Insectes des galles, les Œstrides, les Gordiens nous offrent des exemples de ce parasitisme larvaire (*parasitisme évolutif* de Malaquin).

Les cas les plus curieux sont ceux des parasites à transmigrations, qui doivent passer successivement par plusieurs hôtes dans le cours de leur existence ; tout le monde connaît les migrations des Cestodes, Trématodes, Nématodes. C'est encore à cette catégorie qu'on peut rattacher l'alternance de générations différentes, libres et parasites ; ainsi l'*Angiostoma* (*Rhabdonema*) *nigrovenosum* a une forme libre sexuée, vivant dans la terre humide, et une autre hermaphrodite, parasite dans le poumon de la Grenouille rousse. Cette hétérogonie se relie étroitement aux cas de parasitisme facultatif, comme ceux de diverses espèces de Nématodes du genre *Pelodera*, qui peuvent être libres ou parasites suivant les circonstances.

II. — Adaptation de l'organisme a la vie parasitaire.

L'adaptation des êtres vivants aux conditions biologiques particulières dans lesquelles ils vivent est une des grandes lois naturelles. L'action directe du milieu ambiant sur un animal, l'usage qu'il fait de ses organes, l'activité plus ou moins grande de la nutrition, concourent, grâce à la transmission héréditaire des caractères, à modifier sa constitution anatomique. Un genre de vie aussi spécial que le parasitisme doit forcément retentir sur l'organisation des êtres qui y sont voués. L'adaptation étroite à des conditions d'existence peu variées, telles que les pose le parasitisme interne, conduit à une simplification étonnante de l'organisme, qui reçoit du dehors alimentation et protection, et n'a plus à pourvoir qu'à la continuation de l'espèce. L'action de la vie parasitaire sur l'organisme du parasite a essentiellement pour résultat une dégradation d'autant plus grande que le parasitisme de l'animal considéré est plus accentué. C'est ce qui résulte nettement de la comparaison des formes voisines d'un même groupe ; ainsi, le Professeur Giard a montré que, chez les Œstrides, la larve est d'autant plus dégradée qu'elle habite des parties plus profondes de son hôte, la déchéance s'accusant des cuticoles aux gastricoles, en passant par les cavicoles; les observations de M. Wheeler sur les Myzostomes l'ont conduit à exprimer la même opinion. Il est intéressant de remarquer qu'en général le parasitisme imprime sa marque chez un animal seulement aux stades de l'évolution où il existe, sans que, d'ordinaire, elle se fasse pressentir auparavant ou demeure forcément visible ensuite. Le Nauplius de la Sacculine ne fait pas prévoir la dégradation de l'adulte. La constitution des Insectes adultes libres issus de larves parasites ne se ressent en rien de la déchéance primitive; il est vrai qu'il y a dans ce groupe des métamorphoses profondes, suffisantes pour remanier toute l'organisation; ailleurs, si la larve a mené une vie trop franchement parasitaire, l'adulte peut en conserver une tare, comme l'absence de tube digestif chez les adultes libres de Monstrillides, Copépodes qui vivent à l'état larvaire dans les vaisseaux sanguins d'Annélides tubicoles.

Au surplus, si le parasitisme a pour résultat caractéristique une dégradation de l'organisme du parasite, cette déchéance n'affecte pas tous les appareils également, et certains, comme les organes reproducteurs, sont, au contraire, perfectionnés; les organes de la nutrition sont plus ou moins modifiés; ceux de la vie de relation sont principalement atteints chez les parasites vivant dans les cavités d'un hôte ou même simplement immobilisés sur les téguments par des appareils fixateurs.

La vie parasitaire détermine des modifications de la *forme générale* d'autant plus considérables que le parasitisme est plus accentué ; ces modifications rendent souvent l'animal absolument méconnaissable, à tel point que l'étude du stade parasitaire seul ne permettrait pas de reconnaître à quel groupe, ni parfois à quelle espèce il appartient; car, souvent, elles portent principalement sur un des sexes, et le dimorphisme sexuel peut être poussé à un degré extraordinaire (Bonellie, Sacculine). Parmi les modifications les plus légères des caractères extérieurs, nous signalerons la fréquence de l'homochromie chez les commensaux par rapport à leur hôte; parmi les plus profondes, l'aspect si curieux de certains endoparasites devenant semblables aux organes auxquels ils se sont substitués : par exemple, certains Entonisciens (*Portunion*, etc.) imitent absolument les viscères des Crabes, foie, glandes génitales, dont ils ont déterminé l'atrophie. On a voulu faire rentrer ce cas dans la catégorie des phénomènes mimétiques (mimétisme modifiant interne), ce qui est évidemment exagéré. D'ailleurs, on observe chez les animaux parasites, comme l'a montré Giard, toutes les variétés de *mimétisme* signalées chez les autres

et dont la plus intéressante est le *mimétisme isotypique*, dû à la convergence sous l'influence de conditions de milieu identiques (Insectes parasites). Le parasitisme, à son degré le plus élevé, détermine une simplification de l'organisme telle que des animaux appartenant à des groupes éloignés arrivent à présenter la plus grande ressemblance par réduction ou même suppression des systèmes anatomiques qui les caractérisent. On constate ainsi des ressemblances adaptatives entre animaux appartenant à des ordres différents (Sacculine et Liriope, un Cirripède et un Isopode), voire à des embranchements différents (les mêmes Crustacés et l'*Entoconcha*, un Mollusque).

En dehors des cas de dégradation profonde, l'aspect général de l'animal parasite est souvent considérablement transformé par les modifications qui portent sur les téguments et sur les appendices. Chez les parasites internes surtout, qui se trouvent particulièrement protégés, le tégument est souple et peu résistant : chez les Crustacés endoparasites, par exemple, la cuticule contraste par sa minceur et sa mollesse avec le test habituel du type; on observe également l'absence de mues dans les cas où l'expulsion de la vieille enveloppe serait pratiquement impossible (Entonisciens, Monstrillides), et l'accroissement de la surface se fait par l'extension progressive de la cuticule. Quant aux appendices, on constate naturellement une diminution de l'importance des organes locomoteurs et le perfectionnement des organes de fixation. Ainsi, les cils vibratiles qui peuvent exister à une phase libre (embryon cilié des Bothriocéphales, des Distomes) disparaissent au stade parasite. La réduction des appendices locomoteurs proprement dits peut aboutir à leur suppression totale (Rhizocéphales); on peut en suivre facilement la progression chez les Copépodes parasites. Chez eux également, on peut trouver d'excellents exemples du perfectionnement graduel des appareils fixateurs. J. Bonnier a montré comment la nature du lieu de séjour sur l'hôte, en forçant le parasite à se maintenir plus ou moins fortement, a pour conséquence, chez les Epicarides, une grande variété du mode de fixation et, par suite, des modifications diverses de la forme générale.

Les *organes de fixation* sont de deux sortes, souvent associées d'ailleurs : les crochets et les ventouses, celles-ci très caractéristiques de la vie parasitaire. Dans les groupes inférieurs, ce sont morphologiquement de simples dépendances du tégument, qui peuvent présenter, du reste, une grande importance : les ventouses sont des spécialisations locales de l'étui musculo-cutané, et les crochets une tige chitineuse sécrétée par le tégument. Chez les parasites appartenant aux types plus élevés du règne animal, ces organes ont une origine plus complexe et proviennent de la transformation des appendices, qui peuvent se réduire à des sortes de moignons pourvus d'une griffe (antennes préhensiles de certains Copépodes), ou, ce qui est plus singulier, se transformer en ventouses (pattes-mâchoires des Argules, nageoire dorsale du Rémora).

Les *organes des sens* se réduisent et disparaissent sous l'influence de la vie parasitaire accentuée. Les organes tactiles sont les plus persistants, mais on n'en reconnaît même plus chez les endoparasites typiques, comme les Cestodes; les yeux rudimentaires qui peuvent exister chez les formes ectoparasites disparaissent chez les endoparasites, alors même que l'espèce en possède à un stade libre (embryon cilié des Distomes). Les organes de l'ouïe ne se rencontrent jamais chez les parasites proprement dits.

Le *système nerveux* subit un amoindrissement en rapport avec la dégradation organique et surtout avec la déchéance des organes de relation. Son importance est en rapport manifeste avec celle des organes fixateurs auxquels il commande.

Les *appareils de la nutrition* éprouvent également des modifications considérables chez les endoparasites vivant dans les tissus ou les cavités profondes d'un hôte, au sein de liquides nourriciers. L'appareil digestif peut être complètement supprimé (Cestodes, Acanthocéphales, Rhizocéphales), les échanges osmotiques suffisant à fournir les aliments nécessaires à peu près complètement élaborés. Lorsqu'il existe, il est souvent très réduit, privé d'anus, même chez des représentants de groupes élevés (Mollusques), et généralement pourvu d'un appareil d'aspiration des liquides (pharynx musculeux, ventouse buccale). Dans ces conditions, l'appareil circulatoire est généralement réduit et souvent complètement absent; la respiration s'effectue sans aucun organe spécial. On sait malheureusement peu de choses sur les phénomènes intimes de la nutrition chez les parasites, mais on n'ignore pas que beaucoup d'endoparasites, vivant dans un milieu privé d'oxygène, sont anaérobies et tirent cet élément des substances nutritives à leur disposition. Les parasites les plus typiques, comme les Plathelminthes, peuvent posséder un système excréteur bien développé; mais, chez d'autres, on n'a pas découvert jusqu'ici d'organes spécialement destinés à l'excrétion : chez les Rhizocéphales, par exemple, il semble que les déchets sont éliminés simplement par les mêmes phénomènes d'osmose qui font entrer les sucs nourriciers. Malheureusement, on ne sait encore à peu près rien de la physiologie des parasites. On a constaté maintes fois l'existence de toxines dans

les liquides cavitaires des endoparasites (Nématodes, Echinocoque). Une observation des plus intéressantes a été faite récemment à propos de la sécrétion : Dastre et Stassano viennent de montrer chez les parasites intestinaux (Ténia) l'existence d'une antikinase qui les protège contre l'action des sucs digestifs.

Des grandes fonctions organiques, celle de *reproduction* est la seule qui doive à la vie parasitaire un accroissement de son importance, phénomène nécessaire pour parer aux nombreux dangers de perte et qu'on retrouve dans toutes les formes menacées, par exemple chez les animaux pélagiques (Giard). Les dangers sont, en effet, plus variés pour les parasites que pour les autres animaux : aux causes ordinaires de destruction menaçant les œufs, les larves et les adultes de tout être vivant, s'ajoutent ici les nombreuses chances de ne pas rencontrer l'hôte convenable en temps opportun. L'intensité de la reproduction est donc une nécessité primordiale pour la conservation de l'espèce. Aussi observe-t-on, d'une façon générale, que toutes les conditions réalisées dans l'organisation anatomique de l'adulte, comme dans les phénomènes évolutifs, tendent à augmenter cette intensité. On remarque souvent une certaine précocité de l'apparition des organes génitaux, due à la richesse de l'alimentation; ces organes sont extrêmement développés et fonctionnent très activement : le parasite arrive parfois à n'être plus qu'une sorte de sac à cellules reproductrices, qu'on a pu prendre pour une ponte. La femelle, dont le rôle est, à un certain point de vue, plus grand que celui du mâle, en raison de la constitution et des dimensions des œufs, est ordinairement beaucoup plus volumineuse et généralement parasite à un degré plus accusé que le mâle : souvent celui-ci est microscopique et vit fixé sur la femelle (Chondracanthe, etc.). Ce dimorphisme sexuel exagéré conduit à l'hermaphrodisme par des transitions dont la Sacculine nous offre un curieux exemple. L'hermaphrodisme est très fréquent chez les parasites, comme, du reste, chez les animaux fixés en général. Les œufs ne présentent pas de modifications spéciales, à moins qu'ils ne soient eux-mêmes destinés à la vie parasitaire, comme c'est le cas de certains œufs d'Insectes pondus dans des larves et qui sont privés du vitellus toujours abondant chez les Arthropodes (Ptéromalides).

Ce besoin d'une multiplication plus intense se trouve encore satisfait dans le cours du développement par ce qu'on a fort justement appelé la « fragmentation de l'individu » (Houssay), réalisée par le bourgeonnement de la larve (Cœnure, Echinocoque, bourgeonnement de certains Sporocystes) ou par une reproduction parthénogénétique active (formation des rédies, des cercaires). Ce fractionnement de l'individu s'observe surtout chez les parasites à transmigrations; ces passages d'un hôte à l'autre, qui compliquent le développement, ont le parasitisme pour origine; ils diminuent encore les chances d'arriver à l'état adulte et doivent être compensés par un accroissement considérable de la production des germes : chez les Cestodes, en général, le nombre des œufs est immense; là où il est moins considérable, la fragmentation de l'individu intervient (Echinocoque, Distomes). Le cas de multiplication asexuée le plus curieux est certainement celui de l'*Encyrtus fuscicollis*, Hyménoptère qui dépose chacun de ses œufs dans celui d'un Papillon : les observations de Bugnion et de Marchal ont fait voir que le blastoderme parasite se résout en une quantité de petits embryons, de sorte que chaque œuf donne de 50 à 100 *Encyrtus*.

III. — Relations du parasite et de l'hote.

Tous les animaux sont susceptibles d'héberger des parasites, et il n'y a dans le règne animal aucun organe qui soit à l'abri de l'infestation. Les végétaux également portent des parasites animaux (Nématodes, Insectes gallicoles). Les parasites eux-mêmes n'échappent pas à la loi commune. Les Caliges, Copépodes commensaux de certains Poissons de mer, portent des Udonelles, Trématodes ectoparasites; les Liriopsides (Isopodes) s'enfoncent en partie dans le manteau de Rhizocéphales (Cirripèdes). Ces cas de parasites sur parasites se produisent plutôt entre des formes éloignées, mais ils peuvent se présenter entre espèces assez voisines (*Proteolepas* sur *Alepas*, chez les Cirripèdes) et aussi entre les deux sexes d'une même espèce, comme nous en avons déjà cité des exemples.

Le chiffre des parasites infestant le même hôte ne paraît limité que par la possibilité de les supporter sans accidents mortels, et le même individu peut héberger des parasites de même espèce ou d'espèces différentes, en nombre parfois étonnant. On cite des cas extraordinaires d'abondance de parasites. La multiplicité des individus de même espèce est très fréquente, et l'unité n'est la règle que pour les parasites relativement gros par rapport à leur hôte et susceptibles de l'épuiser (Sacculine). On n'a jamais constaté que des parasites puissent s'exclure réciproquement, mais on a observé que certaines espèces coexistent régulièrement; on connaît d'assez nombreux cas de ce *parasitisme simultané* chez les Epicarides, dont des espèces de genres voisins ou éloignés se rencontrent constamment ensemble sur le même Crabe.

Y a-t-il une relation étroite entre les espèces parasites et les hôtes? Bien que souvent le même

parasite puisse se développer sur des espèces différentes (le *Bothriocephalus latus* vit chez le Chien et chez l'Homme, etc.), il y a cependant une tendance marquée de la spécificité des parasites par rapport à leurs hôtes. Les exemples de *parasitisme exclusif* bien constatés sont nombreux en Zoologie, et l'on peut dire que c'est le cas le plus général, surtout pour les espèces bien étudiées. En ce qui concerne les Crustacés parasites, par exemple, une famille ne se trouve ordinairement que dans une famille donnée d'hôtes, et, pour ceux qui habitent sur les Poissons et les Annélides, Giard et Bonnier ont montré que chaque coupe générique de formes parasites a une prédilection particulière pour un ensemble d'hôtes appartenant à des genres voisins; il semble même qu'il y ait adaptation exclusive de parasites à des hôtes particuliers. On constate les mêmes relations dans d'autres groupes, par exemple pour les Trématodes monogénèses, mais à la condition d'étudier les formes soigneusement. Dans le règne végétal, on a fait des observations analogues. Cette spécificité s'explique fort bien par une adaptation étroite au milieu nourricier, c'est-à-dire à l'hôte, dont nous avons déjà signalé plus haut l'influence profonde comme pouvant déterminer du mimétisme isotypique entre deux parasites éloignés. De même qu'il y a un grand nombre d'espèces de Chenilles qui sont modifiées directement par la plante nourricière, de même un milieu nutritif spécifique a pu déterminer de véritables variations spécifiques chez les parasites.

En dehors de cette action à longue portée de l'hôte sur le parasite, on n'en observe pas d'autre que celle qui résulte de la puissance nourricière de l'individu infesté : les parasites, comme tous les êtres, deviennent plus forts lorsqu'ils sont plus abondamment alimentés, et l'on remarque qu'ils restent plus petits lorsqu'ils épuisent à plusieurs un hôte relativement faible. Malaquin a fait à ce propos une curieuse observation sur les Monstrillides : lorsque plusieurs de ces parasites se développent chez une Salmacyne, ils deviennent tous mâles, évidemment par insuffisance de nourriture. Cela ne vent pas dire, au reste, que les hôtes doivent être forcément plus grands que leurs parasites, comme le prouve l'exemple déjà cité de la *Convoluta* et des Zoochlorelles.

La présence fréquente d'un nombre considérable de parasites chez le même animal prouve qu'en général ils ne sont pas gênants pour l'hôte. Celui-ci, du reste, ne paraît pouvoir réagir contre les vrais parasites que d'une façon toute mécanique et indirecte, en les enkystant comme des corps étrangers lorsqu'ils se logent dans ses tissus. Une réaction physiologique directe de l'organisme infesté ne paraît pas se produire, sauf contre certains Sporozoaires.

Citons, en passant, quelques expériences faites sans résultat sérieux pour réaliser chez des animaux susceptibles d'infestation une immunité anti-échinococcique à l'aide de sérum d'animaux réfractaires. Toutes ces questions sont, d'ailleurs, fort mal connues.

Si, dans la règle, les parasites sont peu gênants pour l'hôte, dans certains cas, cependant, ils affectent gravement son état général. Certains parasites déterminent des troubles, soit d'une façon tout à fait directe par la lésion des organes infestés (Cœnure, Trichine), soit indirectement par l'enlèvement à leur profit de substances de nutrition (Sacculine) et probablement aussi parfois par l'excrétion de toxines. On comprend, d'ailleurs, que l'épuisement des matériaux alimentaires suffise à lui seul à provoquer l'affaiblissement d'un hôte dont la taille n'est pas infiniment supérieure à celle du parasite. On constate alors les signes habituels de l'inanition. Ainsi le Crabe parasité par une Sacculine présente de l'amaigrissement, l'absence d'accroissement et de mues, l'atrophie de la glande hépatique, organe de réserve. Mais les phénomènes pathologiques de ce genre les plus curieux sont assurément ceux de la *castration parasitaire*. Le Professeur Giard a donné ce nom à l'ensemble des modifications anatomiques et physiologiques produites par un parasite sur l'appareil reproducteur de son hôte ou sur les parties de l'organisme en relation indirecte avec cet appareil. Nous ne pouvons insister ici sur ce curieux chapitre de la Biologie animale et végétale, et nous renverrons pour les détails à l'intéressant article de Julin paru dans cette même *Revue*[1]. La castration parasitaire consiste en une régression plus ou moins complète des organes génitaux mâles ou femelles; mais celle-ci s'accompagne ordinairement de modifications accessoires de l'organisme tendant, d'une façon générale, à donner à la victime les caractères de l'autre sexe, principalement aux individus mâles les particularités de la femelle, au point que, pour certaines formes, on avait cru autrefois que tel parasite n'infestait que ce sexe (par exemple, les Bopyres n'existaient que sur les femelles de Palæmons); l'instinct génital du sexe est supprimé et il peut apparaître des manifestations de l'instinct du sexe opposé. Les *Carcinus mænas* porteurs d'une Sacculine sont un exemple bien connu de castration parasitaire, et les mâles castrés arrivent à présenter d'une façon remarquable tous les caractères extérieurs de la femelle.

La castration parasitaire peut être directe ou indirecte. Elle est *directe* quand le parasite détruit

[1] Ch. Julin : La castration parasitaire et ses conséquences biologiques chez les animaux et les végétaux. *Revue gén. des Sciences*, t. V, 1894.

par un moyen mécanique les organes génitaux de l'hôte : ainsi, le testicule de *Tamyas Lysteri*, Ecureuil de l'Amérique boréale, est détruit par une larve d'Œstride, le *Cuterebra emasculator*; certains Trématodes castrent de la même façon des Mollusques et des Crabes. Elle est *indirecte* quand elle est produite par un parasite non directement en rapport avec les glandes génitales de la victime; elle est alors le résultat de l'épuisement par le parasite des forces nourricières de l'hôte, comme nous le font bien comprendre les observations de « castration nutriciale » publiées par Marchal au sujet de l'influence de la nutrition sur le développement des glandes génitales. Cette castration parasitaire indirecte a beaucoup d'analogie avec la sénilité, qui s'accompagne chez certains animaux de modifications sexuelles particulières (vieilles femelles d'Oiseaux à plumage et allure de mâle). Il est curieux de remarquer aussi que, parfois, le développement d'un parasite détermine les mêmes phénomènes d'inanition générale des organes que la maturation des produits sexuels, comme le fait observer Malaquin pour certaines Annélides.

La castration parasitaire n'est pas forcément définitive, et il est prouvé, pour certains cas, qu'elle peut disparaître lorsque la cause, c'est-à-dire le parasite, est supprimée. Disons enfin qu'elle présente toutes sortes de degrés, étant naturellement variable dans la même espèce suivant la nature du parasite. Parfois, les effets du même parasite varient avec le sexe de l'hôte. Toutes ces particularités s'expliquent d'elles-mêmes par l'origine nutriciale des phénomènes.

Pour terminer l'étude des modifications imprimées à l'hôte par la présence des parasites, il faut encore signaler des faits que le Professeur Giard a voulu rapprocher des phénomènes de castration parasitaire, et qu'il désigne sous le nom de « mimétisme parasitaire proprement dit » ou « modifiant ». Certains parasites déterminent, en effet, des modifications générales parfois très importantes chez leurs victimes et leur font prendre une ressemblance avec d'autres objets, ressemblance à laquelle on a attribué une utilité protectrice pour le parasite : ainsi, la Chenille d'une Noctuelle, infestée par la larve d'un Hyménoptère du genre *Rhogas*, meurt au moment de la maturité de celle-ci, et sa dépouille prend l'aspect d'une coquille de Clausilie.

IV. — Origine phylogénétique des parasites.

Une dernière question se pose encore, celle de l'origine des parasites. Pour tout évolutionniste, nul doute qu'ils proviennent d'ancêtres libres. Il ne faut pas compter sur les données paléontologiques pour nous renseigner : la Paléontologie nous apprend seulement que certaines formes de parasites, divers Crustacés et Insectes en particulier, existaient déjà à une époque reculée, ce qu'on était en droit de supposer. Nous pouvons démontrer cette liberté primitive et l'acquisition graduelle de la condition parasitaire de deux façons différentes : par la comparaison de parasites appartenant au même type d'organisation, soit entre eux, soit avec des formes libres voisines, et par l'étude de l'évolution ontogénique.

Aucun groupe ne fournit des documents plus démonstratifs et plus nombreux que celui des Crustacés. On saisit bien, par exemple, le passage de l'ecto- à l'endoparasitisme chez les Entonisciens; de même, l'observation des phases larvaires de certains parasites très dégradés, comme la Sacculine, nous montre leurs relations de parenté avec des formes relativement éloignées en apparence. Nous ne pouvons ici que renvoyer aux mémoires spéciaux, en particulier aux beaux travaux de Claus, Kossmann, Giard, J. Bonnier, Delage, Malaquin, etc. Grâce à l'Anatomie comparée, nous rattachons sans difficulté les Trématodes et les Cestodes aux Turbellariés; les migrations ne sont que des complications secondaires. Le cas de l'*Archigetes* nous permet de croire que les Cestodes primitifs passaient toute leur existence dans un seul hôte : ultérieurement, des formes ont pu s'adapter à la vie parasitaire dans le tube digestif d'un deuxième, qui avalait le premier, et prendre un développement plus considérable parce qu'elles y trouvaient une nourriture plus abondante et plus riche. L'origine du parasitisme normal a probablement été le parasitisme *accidentel* (*inchoatif*, Giard) et le commensalisme le plus bénin. Les cas de parasitisme facultatif, comme celui de certains Nématodes (*Pelodera*), libres ou parasites suivant les circonstances, établissent une transition intéressante à signaler. L'influence de l'hôte sur l'organisme du parasite a certainement multiplié les formes dans un même type animal, comme nous l'avons dit à propos de la spécificité des parasites. Elles ont pu l'être également par un autre processus se rattachant à celui-là, suivant une ingénieuse hypothèse du Professeur Giard, d'après laquelle parasites et hôtes auraient évolué ensemble phylogénétiquement : ainsi, le *Peltogaster* aurait donné la Sacculine, en même temps que le Crabe se constituait aux dépens du Pagure. En somme, le parasitisme est une condition d'existence acquise lentement et graduellement dans le cours des générations; le commensalisme et l'ectoparasitisme ont été des étapes conduisant aux cas de parasitisme proprement dit les plus accentués.

Dr G. Saint-Remy,
Professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Williot (V.). — **Etudes sur les Nombres premiers. Première partie : La voie de Riemann.** — 1 *brochure in-8° de 39 pages, avec planche.* (*Prix* : 3 *fr.*) *Hermann, éditeur. Paris*, 1903.

M. Williot s'est laissé tenter par ce difficile et mystérieux problème qu'est la distribution des nombres premiers. Il a conscience de sa témérité, et commence par l'avouer en toute franchise. Nul ne saurait l'en blâmer : comme il le dit fort bien, la bienveillance du monde scientifique est et doit être acquise à toute recherche consciencieuse de la vérité.

Tout au plus reprocherons-nous à M. Williot d'avoir oublié, non pas que « l'art est difficile », mais que la critique est aisée : de se montrer bien exigeant quant aux résultats à obtenir. Il veut une expression exacte et non approchée du nombre $F(x)$ cherché; et, d'autre part, l'expression exacte de Riemann, à l'aide des racines α, ne lui suffit pas parce qu'il y manque la loi des α. Qu'est-ce à dire? Les α sont définis sans aucune ambiguïté par l'équation $\xi(t)=0$, dont ils sont les racines; et, d'autre part, la manière dont croît leur densité à l'infini est élucidée par le travail de M. von Mangoldt. S'agirait-il d'avoir pour ces nombres une loi à la fois exacte et simple ? Il est incontestable, non seulement qu'on n'a pas indiqué de pareille loi, mais que nul ne sera tenté d'en chercher. D'une manière générale, on sera toujours obligé, je le crains, de se contenter, pour déterminer la distribution des nombres premiers, de formules compliquées mais exactes, ou de formules approchées simples : on n'en trouvera aucune qui réunisse les deux qualités par la bonne raison qu'il n'en saurait probablement exister. Aurait-on une expression d'aspect simple, qu'il faudrait peut-être se méfier de cette apparente simplicité — comme il arrive pour la fameuse formule de Cardan, que bien peu de gens, je pense, ont eu le courage d'appliquer pratiquement à la résolution d'une équation du troisième degré donnée.

M. Williot est peut-être mieux fondé — au moins au point de vue philosophique, car, en fait, la chose n'a aucune importance — à critiquer l'introduction, dans les formules, de la fonction $\mu(n)$, qui dépend elle-même des nombres premiers — fonction que M. Gram est parvenu à éliminer en partie et que l'auteur cherche à faire disparaître complètement. — Il a peut-être raison de se demander si l'ordre de grandeur apparent de la partie périodique dépendant des quantités α n'est pas encore trop grand, étant donnée la petitesse de l'écart que les numérations directes manifestent par rapport à la formule de Riemann.

Mais ce qui est un peu inquiétant, c'est le mépris que l'auteur montre pour les scrupules de rigueur, du moins à en juger par les guillemets ironiques dont il a soin d'accompagner ce mot. Je puis lui assurer que ce n'est nullement par pur amour de la complication et de la difficulté que les mathématiciens prennent la peine d'établir leurs théories « en toute rigueur ». La théorie de Riemann est certainement une de celles où il est le moins possible de se relâcher à cet égard. J'avoue même, pour mon compte, ne pas toujours comprendre les résultats auxquels M. Williot arrive en renonçant à toute précaution de raisonnement. Je ne crois pas que, comme il le prétend, l'identité fondamentale d'Euler :

$$\sum_1^\infty \frac{1}{n^s} = \frac{1}{\prod_2 (1-p^{-s})}$$

soit encore vraie pour s compris entre 0 et 1, ou, du moins, je demande des explications sur le sens qui doit être attribué à cette assertion. De même, je ne puis voir sans une certaine inquiétude les séries doubles, telles que celles de la page 34, où le terme général, dépendant de α qui augmente indéfiniment, contient en facteur une puissance positive de $\alpha^2 + \frac{1}{4}$ (multipliée par un cosinus qui tend alternativement vers 0 et vers ± 1). De pareilles expressions pourraient, sans doute, recevoir un sens par une application convenable des méthodes de M. Borel : quant à présent, il est fort à craindre qu'elles n'en soient dépourvues. Il est impossible de laisser les Mathématiques s'engager dans une pareille voie.

JACQUES HADAMARD,
Professeur-adjoint à la Sorbonne,
Professeur suppléant au Collège de France.

2° Sciences physiques

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen, *herausgegeben von* **G. Benischke**. — *Heft I.* **Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen**, *von* **G. Benischke**. 1 *vol. in-8°, de 42 pages, avec 43 figures.* (*Prix* : 1 *fr.* 50). — *Heft II.* **Der Parallelbetrieb der Wechselstrommaschinen**, *von* **G. Benischke**. 1 *vol. in-8° de 53 pages avec 43 figures.* (*Prix* : 1 *fr.* 50). *Friedrich Vieweg und Sohn, éditeurs. Braunschweig*, 1903.

Sous le titre de : *L'Électrotechnique en monographies séparées*, la librairie F. Vieweg commence la publication d'une série de petits volumes, où les diverses applications de l'Electricité sont présentées d'une façon à la fois complète et concise. Cette collection est destinée, en première ligne, aux étudiants des écoles techniques supérieures, puis aux ingénieurs déjà entrés dans la pratique, mais qui désirent compléter leurs connaissances dans quelques domaines spéciaux de l'Electrotechnique. Ce mode de publication, sous forme de courtes monographies séparées, permet de s'assurer, pour chaque question, le concours du praticien le plus qualifié, qui reculerait, à cause du peu de loisirs dont il dispose généralement, devant la rédaction d'un gros traité.

Le premier volume de la série, dû à M. G. Benischke, est relatif aux dispositifs de préservation des courants puissants contre les décharges atmosphériques. On n'y trouvera pas une description de tous les procédés proposés et employés dans ce but, mais seulement des plus importants et surtout de ceux qui ont fait leurs preuves. L'auteur donne toutes les indications nécessaires pour que l'ingénieur, placé en face d'une installation déterminée, puisse choisir le système de protection le plus efficace et l'installer dans les meilleures conditions.

Le second volume, dû au même auteur, concerne la marche en parallèle des machines à courant alternatif. Dans l'étude de cette très importante question, M. Benischke a cru devoir renoncer à tout appareil mathématique, lequel, pour lui, n'a que peu d'importance au point de vue pratique; il étudie donc les phénomènes au point de vue purement physique. Il présente d'abord rapidement les phénomènes qui se passent dans la mise en parallèle des machines à courant continu, ce qui facilite l'intelligence ultérieure des problèmes relatifs au courant alternatif.

Nous signalerons, au fur et à mesure de leur apparition, les autres volumes de cette collection. L. B.

3° Sciences naturelles

Miron (François), *Ingénieur civil.* — **Etude des phénomènes volcaniques.** — 1 *vol. in-8°, de* 320 *pages avec* 46 *fig. ou cartes.* (*Prix, relié :* 10 *francs.*) *Librairie Béranger. Paris*, 1903.

Le livre de M. Miron est clairement rédigé. C'est un résumé, bien présenté, de certains traités de Géologie français et étrangers. Il offre cependant quelques nouveautés qu'on ne trouve pas encore dans ces derniers. L'auteur a exposé assez simplement les nouvelles théories volcaniques, notamment celle de M. Armand Gautier et celle des influences sidérales.

Le résumé des travaux des missions scientifiques envoyées à la Martinique n'a pas moins de 60 pages de développement.

Il y a quelques erreurs relatives aux volcans italiens et de l'Auvergne; néanmoins, ce livre sera intéressant à lire par ceux qui ne sont pas au courant du vulcanisme.

Ph. Glangeaud,
Professeur de Minéralogie
à l'Université de Clermont-Ferrand.

Kilian (W.) — **Rapport sur les variations des glaciers français de 1900 à 1901**, *présenté à la Commission française des glaciers.* — **Rabot** (Ch.). — **Revue de Glaciologie.** (Extrait de l'Annuaire du Club Alpin Français, 28° *volume*, 1901.) — 1 *brochure de* 92 *pages. Macon, Protat frères, imprimeurs*, 1902.

Ces deux études, réunies en une même brochure, constituent les premiers documents publiés à l'instigation de la Commission française des glaciers, récemment instituée. Il convient de rappeler, pour en montrer tout l'intérêt, que la Commission dont nous venons de parler a été organisée en juillet 1901, conformément à un vœu exprimé par M. le Professeur Richter, président de la Commission internationale des glaciers; son but est de recueillir des observations sur le régime actuel des glaciers dans les massifs français et de favoriser l'étude de ces glaciers par la création de bourses de voyage ou de subventions, par l'organisation de concours. On comprend que l'histoire des variations des glaciers français trouvera ses sources les plus sûres dans les Rapports qui s'ajouteront, d'année en année, et qui, documentés comme le sont ceux de MM. Kilian et Rabot, constitueront de solides enquêtes scientifiques et offriront l'avantage de centraliser les résultats des diverses observations.

Bien avant même que la Commission française des glaciers fût instituée, d'importantes recherches sur les glaciers de quelques régions avaient été entreprises, et il suffit de rappeler celles dues à M. le prince Roland Bonaparte, à M. J. Vallot, à la *Société des Touristes du Dauphiné* et, en Suisse, à M. Forel, de Morges.

Continuant l'enquête qu'elle poursuit, depuis 1891, sur les appareils glaciaires des Alpes dauphinoises, la *Société des Touristes du Dauphiné* a pu envoyer des documents qui sont les seuls que M. Kilian ait eu à enregistrer dans son rapport; le peu de temps écoulé depuis la création de la Commission française des glaciers explique, d'ailleurs, fort bien qu'elle n'en ait reçu aucun autre.

Les observations relatées ont été faites par MM. W. Kilian, G. Flusin et J. Offner, dans le massif du Pelvoux et celui des Aiguilles de Chambeyron. Bassin par bassin, chacun des glaciers a été étudié séparément et tous ses mouvements ont été notés. Les vues photographiques fournissent des indications, qui deviendront plus tard très précieuses, sur l'état actuel de certains glaciers.

D'une façon générale, ces glaciers présentent tous un mouvement de décrue, souvent même très accentué. La diminution subie par les glaciers de la Meije, notamment, est très marquée. Les glaciers du groupe de Marinet ont atteint une phase de décrue particulièrement rapide; le retrait qui s'est manifesté, depuis 1895, sur le front du glacier du cirque oriental de Chambeyron, peut être évalué à 510 mètres au moins. Si l'on envisage l'ensemble de la Terre, c'est également une décroissance générale des glaciers qui se manifeste partout, comme l'indique M. Ch. Rabot dans sa *Revue de Glaciologie.*

Cette étude, qui montre l'état actuel de nos connaissances en Glaciologie, est le meilleur exposé qui pouvait être mis en tête des publications de la nouvelle Commission. Elle en est comme la préface, car c'est dans ces travaux antérieurs qu'elle peut le plus utilement tirer, en les modifiant s'il y a lieu, les lignes directrices à appliquer aux investigations nouvelles pour en assurer l'unité et l'exactitude scientifique.

La *Revue de Glaciologie* de M. Ch. Rabot comprend trois parties. Dans la première, il examine les travaux d'ordre général sur les glaciers et sur les phénomènes physiques et géologiques qui s'y rapportent; dans la seconde, il résume les explorations faites dans les divers massifs glaciaires du Globe; la troisième est consacrée aux observations sur les variations de longueur des glaciers.

Il est à noter que nos connaissances sur les glaciers de diverses parties du Globe longtemps inexplorées ou à peu près se sont beaucoup accrues et précisées au cours de ces dernières années. Nous pouvons compter, parmi les plus récentes acquisitions scientifiques, les données que nous avons aujourd'hui sur les glaciers de l'Altaï, du Tian-Chan et de l'Himalaya, sur les massifs glaciaires de l'Afrique équatoriale, sur la glaciation au Spitsberg et dans les régions antarctiques.

G. Regelsperger.

Balland (A.), *Pharmacien principal de l'Armée.* — **La Chimie alimentaire dans l'œuvre de Parmentier.** — 1 *vol. in-4° de* 450 *pages.* (*Prix* : 6 *fr.* 50). — *Librairie J.-B. Baillière et fils. Paris,* 1903.

A côté des génies, fondateurs de sciences, tels que les Lavoisier et les Pasteur, se trouvent un certain nombre de savants d'un ordre plus modeste, mais qui méritent aussi le titre de bienfaiteurs de l'humanité par les découvertes qu'ils ont faites et par les services qu'ils ont rendus dans diverses branches de l'agriculture et de l'industrie. Parmi ces derniers, Parmentier figure en bonne place, et son œuvre, toute scientifique et toute humanitaire, méritait bien le souvenir de reconnaissance que vient de lui consacrer M. Balland.

Signalons, tout d'abord, l'extrême souci de la documentation qu'a déployé l'auteur; la biographie de Parmentier est écrite d'après les pièces officielles les plus détaillées et complétée par toutes les annotations nécessaires. L'œuvre de Parmentier a été ensuite suivie, mémoire par mémoire, publication par publication. Ses études sur les végétaux pouvant être utilisés en cas de disette, sur l'amidon des céréales, des pommes de terre, des châtaignes, du maïs, sur le gluten, sur le lait, les matières sucrées, sur les eaux, sur la conservation des grains, des farines, des vins, sur la fabrication du pain de munition, du biscuit, des salaisons, des soupes de légumes, ont été entièrement retracées. On peut voir, par ce simple exposé, que les recherches de Parmentier sont bien plus étendues qu'on ne pense généralement et qu'à côté de l'emploi de la pomme de terre, qui rend son nom impérissable, la science de l'alimentation, l'industrie laitière, celle des fécules et des pâtes alimentaires, la meunerie et la boulangerie lui doivent également une grande part des progrès qu'elles ont faits et des améliorations qui y ont été apportées. Ainsi que le dit l'auteur dans sa préface, Parmentier est un véritable chef d'école, et la longue liste de ses publications « prouve que l'amour du travail s'allia toujours en lui, suivant le témoignage de Cuvier, à ce beau feu d'humanité dont il a été enflammé durant toute sa vie ».

Le livre de M. Balland se termine par la bibliographie des publications de Parmentier et par sa bibliographie biographique et iconographique.

L'analyse succincte que nous donnons de ce nouveau livre suffira, pensons-nous, à en montrer toute la valeur. En dehors des enseignements qui nous y sont donnés, il est certain qu'on devra recourir à cette source chaque fois qu'on voudra fixer un détail ou posséder un renseignement sur la vie ou sur l'œuvre de Parmentier; c'est le meilleur témoignage que l'on puisse donner de la réussite de l'ouvrage de M. Balland.

A. Hébert.

4° Sciences médicales

Nageotte-Wilbouchewitch (Mme), *Ancien interne des Hôpitaux de Paris.* — **Atlas-manuel de Gymnastique orthopédique.** Traitement des déviations de la taille. — 1 *vol. in-8° de* 330 *pages, avec* 51 *planches comprenant* 200 *figures et* 53 *figures dans le texte. C. Naud, éditeur, Paris,* 1903.

Voilà un excellent livre, conçu dans un esprit très simple et très pratique, donnant à l'enseignement par l'image la première place, et aussi intéressant à regarder qu'à lire : en le feuilletant, on croit se promener dans une salle de consultations ou dans un gymnase orthopédique, et l'on y apprend beaucoup.

L'auteur passe en revue la manière dont s'acquièrent les déviations de la colonne vertébrale chez les nourrissons portés sur les bras, ou assis sur les genoux de leur mère, chez les enfants qui lisent au lit ou se couchent dans une mauvaise attitude, qui prennent pour écrire, pour coudre ou même pour se reposer en classe une position vicieuse, chez ceux qui portent trop tôt des charges trop lourdes; enfin les déviations rachitiques, pleurétiques, hémiplégiques ou dues au raccourcissement d'un membre inférieur.

Mme Wilbouchewitch étudie ensuite minutieusement les procédés d'examen à employer pour reconnaître, mesurer et caractériser une scoliose, une cyphose, une lordose.

Enfin, l'auteur expose le traitement des déviations du rachis. Le traitement préventif est affaire d'éducation et d'hygiène. On trouvera dans le livre un grand nombre de détails importants sur l'attitude à donner aux nourrissons, sur la manière de les porter, sur la rectification des troubles de la marche, sur l'habillement, les exercices et la gymnastique, la construction des sièges et des tables de travail, des tabourets de pianos, etc.

Le traitement curatif consiste tout d'abord dans la gymnastique rationnelle, dans les mouvements en position couchée, debout, avec ou sans appui, avec ou sans appareils spéciaux; pour les cas plus avancés, le port de corsets amovibles ou inamovibles, en plâtre, en celluloïd, en coutil ferré d'acier, etc., devient nécessaire; les indications, le mode d'application, les avantages et les inconvénients des diverses espèces de corsets sont passés en revue pour chaque cas particulier, et l'exposition technique, très succincte, est rendue facilement compréhensible par les nombreuses photographies qui illustrent le texte.

Ainsi conçu, le livre de Mme Wilbouchewitch rendra de grands services aux médecins, qui y apprendront à connaître, à prévenir et à traiter les déviations rachidiennes, si fréquentes, si souvent négligées et si mal soignées en général.

Il intéressera aussi les mères de familles qui y trouveront, clairement exposés, les principes d'hygiène dont une application attentive permettra d'éviter chez leurs enfants le développement de la scoliose.

Marcel Labbé.
Interne des Hôpitaux.

Dyé (Léon). — **Les Moustiques et la Fièvre jaune.** — 1 *brochure in-*8 *de* 46 *pages.* (*Extrait du Bulletin du Comité de l'Afrique française*). *Imprimerie de la Bourse du Commerce,* 33, *rue Jean-Jacques-Rousseau. Paris,* 1903.

5° Sciences diverses

Fouillée (Alfred), *Membre de l'Institut.* — **Esquisse psychologique des Peuples européens.** — 1 *vol. in-*8 *de* XIX-550 *pages.* (*Prix :* 10 *fr.*). *F. Alcan, éditeur, Paris,* 1903.

Après sa *Psychologie du peuple français*, M. Fouillée nous donne une psychologie des peuples européens. Il expose, dès la première page de son livre, la méthode qu'il a suivie pour résoudre les problèmes délicats de la psychologie collective : « De nombreuses lectures, de nombreux voyages, de longs entretiens avec des hommes de nationalités diverses » lui ont fourni des matériaux : telle est la part de l'observation (directe ou indirecte) dans sa méthode; « l'étude de la formation ethnique des peuples..., l'interprétation de leur histoire et l'examen de leurs littératures, surtout de leur religion et de leur philosophie », ont permis de découvrir les caractères nationaux d'après certaines de leurs manifestations extérieures; des effets, l'auteur remonte aux causes : telle est la part de l'induction dans sa méthode. Cette méthode n'est pas exclusivement scientifique : « En ces matières, dit M. Fouillée, un certain art doit se mêler à la science ; le portrait moral d'un peuple, comme le portrait physique d'un individu, exige une part de divination d'après des données exactes » (p. III). L'hypothèse se joindra donc à l'observation et à l'induction.

Quels résultats donne cette méthode? Quels sont, d'après M. Fouillée, les caractères des principaux peuples européens? Commençons, comme l'auteur, par les peuples méridionaux. Le Grec moderne possède une intelligence curieuse, avide d'apprendre, subtile, amoureuse de dialectique et de rhétorique; une sensibilité irritable, un amour modéré des plaisirs; il est vaniteux, mais sociable; le goût de la liberté est peut-être son penchant principal. Sa volonté est mobile, il est incapable de grands efforts : aussi est-il plus volontiers commerçant qu'agriculteur et se plaît-il à une « paresse agitée et affairée, qui fait plus de bruit que de besogne ». Chez l'Italien, nous trouvons une sensibilité vive; l'Italien est tempérant, mais il est doué d'une sexualité précoce et jalouse. Un goût prononcé pour l'ornementation, pour la musique, pour l'art. Une intelligence portée à la contemplation du monde sensible, habituée à l'observation : l'Italien « est positiviste de nature, tout en idéalisant l'expression, les formes, les sons, les paroles; car c'est un positiviste artiste ». Une mémoire « longue et tenace »; l'esprit avisé, mais indifférent aux idées générales et au raisonnement déductif. Enfin, une volonté énergique et patiente, mais individualiste et égocentrique, sinon égoïste. La volonté de l'Espagnol est « indomptable », mais elle « se ressent du manque d'un haut développement intellectuel ». De même, l'imagination est forte, mais bornée. « La sensibilité de l'Espagnol est irritable, et, en même temps, l'amour-propre le domine : voilà ses deux caractéristiques ». Il en résulte que ses passions sont violentes, concentrées, qu'il pourra montrer de la générosité par amour propre et de la cruauté par point d'honneur.

Passons du Sud au Nord. L'intelligence de l'Anglais n'a pas à élaborer des sensations aussi nettes que celles des peuples méridionaux; mais c'est une intelligence attentive, un esprit positif, peu porté à l'abstraction, mais qui a le goût du réel. La sensibilité réagit lentement; l'Anglais est calme; chez lui, « la direction générale des sentiments est vers l'intérieur; son centre, c'est sa propre personnalité ». Aussi est-il peu sociable. Mais c'est par sa volonté ferme et patiente, audacieuse et prudente, c'est par son amour de l'action qu'il se distingue des autres peuples. On remarquera l'accord de cette description avec celle de M. Boutmy dans son *Essai d'une psychologie politique du peuple anglais*. M. Fouillée, bien qu'il ait publié son article sur les Anglais dans la *Revue des Deux Mondes* avant l'apparition du livre de M. Boutmy, a d'ailleurs utilisé ce livre au moment de réunir ses articles en vo-

lume. L'Allemand, comme l'Anglais, a des sensations confuses ; mais il ne hait pas l'abstraction : son intelligence lente, mais patiente et solide, aime à envisager les choses sous tous leurs aspects, même sous leurs aspects contradictoires. Ses émotions sont lentes, mais fortes; sans dédain pour les biens matériels, il donne à ses passions, même à ses haines, un caractère intellectuel, « objectif » et idéaliste; il possède à la fois un vif amour de l'indépendance et un respect profond pour la hiérarchie. Sa volonté, enfin, est énergique et persévérante. Le Russe paraît être l'antithèse vivante de l'Allemand : une intelligence vive, mais simpliste, plus assimilatrice que créatrice ; une sensibilité impressionnable, mobile, expansive, sociable ; une volonté impulsive, peu énergique et peu persévérante; de l'imprévoyance et de l'insouciance, tels seraient les traits du caractère russe. Rapprochez ce portrait du caractère français, tel que le décrivait M. Fouillée dans un livre antérieur et tel qu'il le décrit encore dans la dernière partie de son nouveau livre. Le Français est doué d'une sensibilité facilement excitable; il aime le plaisir; il est gai et insouciant, mais il a besoin de faire partager sa joie : il est sociable. Sa volonté est explosive, mais peu tenace. Son intelligence est primesautière, mais superficielle; elle est éprise de clarté et d'abstraction; faute d'attention, elle ne sait pas observer et ses perceptions sont peu distinctes; l'imagination ne reproduit pas avec intensité les sensations : la mémoire « oublie tout », mais l'esprit se plait aux idées générales et généreuses. En faisant abstraction de quelques nationalités secondaires dont la physionomie est sommairement esquissée par M. Fouillée, nous avons résumé ses « portraits moraux » des peuples européens.

Comment expliquer la formation de ces caractères? Par le climat? par la race? en un mot par des causes physiques et fatales? Ou par l'histoire? par les conditions de la vie sociale? par les courants d'idées? en un mot par des causes morales? Selon M. Fouillée, les causes physiques et les causes morales contribuent à former les caractères nationaux, mais le rôle des causes morales va croissant. Et, comme tous les peuples européens sont déjà vieux, les facteurs psychologiques et sociologiques ont sur eux plus d'influence que les facteurs ethniques et géographiques. Il est de mode aujourd'hui d'opposer les peuples néo-latins aux peuples anglo-saxons. Mais les « Néo-Latins » n'ont dans les veines que quelques gouttes de sang romain : en revanche, ils descendent de races très voisines des races anglo-saxonnes. « Ce qui a fini par dominer dans l'Italie moderne, au point de vue ethnique, ce n'est pas l'élément latin, c'est l'élément celto-slave à crâne large dans le nord, avec de nombreux méditerranéens à crâne long dans le Midi » (p. 64). En Espagne, « la race brune à crâne allongé, c'est-à-dire méditerranéenne et sémite », domine dans le Sud et dans le Centre. « Au Nord et à l'Ouest se trouvent quelques éléments celtes et germaniques » (p. 143). « L'Espagne ressemble à la Sicile et à l'Italie du Sud, non à l'Italie du Centre, encore bien moins à celle du Nord. Quant à la France, elle n'offre avec l'Espagne aucune ressemblance de race, si l'on excepte une faible partie de nos Méditerranéens et nos Basques. Ces diverses races n'ont rien de latin, sauf la culture, et rien ne ressemble moins à un Français qu'un Italien et un Espagnol, qui eux-mêmes ne se ressemblent pas entre eux » (p. 144). Il n'y a pas de race latine. Si nous sommes en décadence, cela ne dépend pas de la forme de notre crâne : telle est l'idée que M. Fouillée ne se lasse pas d'exprimer.

A son avis, le tempérament joue déjà un rôle plus important que le climat et la race. Il insiste sur ce fait que l'Italien et l'Espagnol sont nervo-bilieux ; l'Anglais « sanguin flegmatique et nervo-moteur »; l'Allemand « lymphatico-sanguin »; mais le tempérament, comme les autres causes physiques, ne constitue que « la partie statique du caractère » : ce sont surtout les conditions de la vie sociale qui le façonnent. Ce sont les invasions barbares, c'est le catholicisme, c'est la Renaissance qui ont transformé l'ancien Romain en Italien moderne. C'est l'Inquisition, c'est le despotisme qui sont responsables de la décadence morale de l'Espagne. La même démonstration pourrait être faite pour tous les peuples, pour le nôtre plus que pour tous : c'est surtout au peuple français que convient cette définition : « Un peuple est, avant tout, un ensemble d'hommes qui se regardent comme un peuple » (p. VII).

De la prépondérance des facteurs moraux résultent des conséquences importantes. Si notre caractère dépendait de la configuration de notre sol ou des dimensions de notre crâne, il serait impossible de le modifier. Mais, puisqu'il dépend de causes sociales sur lesquelles nous pouvons agir, nous ne sommes voués à aucune fatalité. L'avenir d'aucun peuple n'est irrémédiablement compromis. On sait que, pour M. Fouillée, les idées ne sont pas des abstractions mortes, mais des forces efficaces : un peuple qui croirait sa déchéance fatale ne tarderait pas à périr; un peuple confiant dans son avenir a des chances de prospérer. Ne nous répétons pas à nous-mêmes que les nations latines sont en décadence ; ayons confiance dans nos destinées.

Ce résumé ne donne qu'une idée très imparfaite du nouvel ouvrage de M. Fouillée, très riche en faits et en idées. La thèse générale est parfois indécise, par suite de l'effort tenté par l'auteur pour déterminer la part de vérité contenue dans les doctrines les plus opposées; mais, par là même, elle est très compréhensive. Si nous adressions un reproche à l'éminent philosophe, ce serait d'avoir fait trop souvent passer au second plan ses impressions et ses idées personnelles. Les observations qu'il a pu faire lui-même pendant ses voyages ou ses entretiens avec des étrangers sont remplacées par celles qu'il emprunte à des témoins dont l'autorité, parfois suspecte, est toujours inférieure à la sienne. Les inductions fondées sur l'examen des manifestations extérieures du caractère sont trop rares; on ne voit pas toujours comment l'étude des littératures, des religions, des philosophies sert à la description du caractère. Et, d'autre part, l'auteur n'utilise guère, pour retrouver le caractère national, les faits sociaux qui en sont pourtant l'œuvre immédiate : les institutions domestiques, les croyances, les mœurs et les coutumes populaires. Il semble que M. Fouillée, surtout préoccupé de cette question pratique : « Les nations néo-latines sont-elles en décadence? », n'ait pas voulu résoudre systématiquement et complètement les problèmes théoriques posés par la Psychologie des peuples. Ce livre paraît être destiné à fermer, dans l'œuvre du philosophe, une parenthèse ouverte par le volume intitulé : *Tempérament et caractère*. Tous les ouvrages de M. Fouillée qui ont paru depuis cette date sont consacrés à discuter des préjugés à la mode, à agir sur la conscience et la volonté nationales, plutôt qu'à développer le système des idées-forces. Aussi la méthode y est-elle moins rigoureuse que dans les œuvres antérieures du même penseur. Nous sommes certain, au contraire, que la *Morale des idées-forces*, depuis longtemps promise au public, élaborée sans doute avec amour, nous apportera non pas des idées plus intéressantes (nous espérons avoir montré l'intérêt de l'*Esquisse psychologique des peuples européens*), mais des conclusions plus scientifiquement démontrées.

PAUL LAPIE,
Chargé de Cours à la Faculté des Lettres de l'Université d'Aix-Marseille.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 22 Juin 1903.

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. **L. Cremona,** Correspondant pour la Section de Géométrie. — M. **Newcomb** invite l'Académie et les savants français à prendre part au Congrès international des Savants qui aura lieu pendant l'Exposition universelle de Saint-Louis en 1904.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Demoulin** étudie les surfaces qui peuvent, dans plusieurs mouvements, engendrer une famille de Lamé. — M. **A. Quiquet** généralise une formule destinée à l'interpolation des tables de mortalité pour le cas où les individus obéissent à des lois de survie distinctes. — M. **P. Duhem** poursuit ses recherches sur la propagation des ondes dans les milieux élastiques selon qu'ils conduisent ou ne conduisent pas la chaleur. — M. **J. Boussinesq** calcule, au moyen des équations de l'Hydrodynamique, le débit, en temps de sécheresse, d'une source alimentée par une nappe d'eau d'infiltration. — MM. **Loewy** et **P. Puiseux** présentent le septième fascicule de l'*Atlas photographique de la Lune*. L'étude des planches fait ressortir : 1° l'existence, à une époque reculée, d'une atmosphère appréciable ayant occasionné la diffusion des cendres sous forme de traînées; 2° l'absence d'eau courante à la surface, confirmée par l'état de conservation de ces dépôts; 3° l'interprétation des recrudescences des traînées comme le signe de petites différences d'altitude.

2° Sciences physiques. — M. **H. Becquerel** a constaté que, dans un champ magnétique uniforme, le rayon de courbure de la trajectoire des rayons α (rayons très peu pénétrants du radium) déviés par le champ va en augmentant avec la longueur de la trajectoire. Ce phénomène paraît être dû au fait que la charge se dissipe progressivement dans l'air rendu conducteur par le passage des rayons α. — M. **Iliovici** décrit une méthode de mesure de la variation du courant dans la bobine en court circuit pendant la durée de la commutation dans une dynamo à courant continu. — M. **L. Maillard** admet que, grâce au refroidissement, la densité de l'air n'est n'est nullement négligeable jusqu'à une hauteur de 80 kilomètres; il est même probable qu'après avoir diminué jusqu'à 30-50 kilomètres, elle augmenterait jusque vers 75 kilomètres. — M. **M. Berthelot** a trouvé que la force électromotrice développée au contact de deux liquides qui réagissent avec un dégagement de chaleur notable peut être regardée comme à peu près proportionnelle à cette quantité de chaleur. Les différences reconnues dans les expériences faites avec le concours d'électrodes métalliques sont attribuables aux transformations d'énergie produites par le passage du courant à travers ces électrodes. — M. **R. Boulouch** a reconnu que le soufre et l'iode fondus ensemble ne donnent naissance ni à des composés définis, ni à des solutions solides; ils forment un eutectique dont la composition est 0,543 de soufre pour 0,457 d'iode et dont le point de fusion brusque est 65°5. — M. **H. Moissan** a observé qu'à 100° les hydrures alcalins et alcalino-terreux réagissent sur le gaz acétylène en produisant des acétylures acétyléniques avec mise en liberté d'hydrogène. Cette réaction permet de passer avec facilité et à basse température des hydrures aux carbures. — M. **P. Nicolardot** dose le vanadium dans les alliages en attaquant ceux-ci par HCl, qui dissout les métaux et laisse le vanadium inattaqué; après filtration, on chauffe à 350°, ce qui transforme le vanadium en acide vanadique. — M. **A. Villiers** explique les anomalies qui se présentent dans les limites d'éthérification des hydracides par l'existence d'hydrates formés par ces acides ou par la production d'éthers-oxydes avec mise en liberté d'eau. — M. **P. Freundler** a préparé les dérivés mono et dibenzoylés de l'hydrazobenzène; le premier se présente sous deux modifications, F.138°-139° et F.126°; le second fond à 161°-162°. — M. **M. François** a constaté que le chloraurate de pyridine $C^5H^5Az.HCl.Au\,Cl^3$ n'est stable qu'en présence d'HCl ou de chlorure d'or. Par l'action de l'eau chaude, il donne très facilement un composé $C^5H^5Az.AuCl^3$. Il existe également un composé $(C^5H^5Az)^2.AuCl^3$, qui a été préparé anhydre et hydraté. — M. **J. Schmidlin** a étudié l'effet thermique de la substitution phénylée dans les phénylméthanes, leurs carbinols et leurs chlorures. — MM. **L. Bouveault** et **A. Wahl** ont obtenu les éthers nitriques de tous les alcools primaires à froid par l'action de l'acide *réel* de M. Franchimont. Les éthers nitreux s'obtiennent par l'action du chlorure de nitrosyle en présence de pyridine. — M. **M. Descudé** a préparé les dérivés chlorés du chloroacétate et du diacétate de méthylène. — M. **C. Tanret** : Sur le stachyose (voir p. 793). — MM. **A. Haller** et **J. Minguin** signalent de nouveaux exemples, dans la série du camphre, de la tendance de certains radicaux cétoniques à subir la transformation énolique; l'énolisation introduit une double liaison qui exalte le pouvoir rotatoire. — MM. **R. Fosse** et **A. Robyn** ont transformé un certain nombre de pyrones en pyranes correspondants en les réduisant par l'alcool en solution chlorhydrique. — M. **J. Effront**, en ajoutant de l'acide abiétique ou de la colophane à un milieu nutritif ensemencé avec plusieurs espèces de ferments, a observé une sélection; l'espèce qui prédominait au début continue seule à se développer. — MM. **J.-E. Abelous** et **Aloy** ont constaté que l'oxydation de l'aldéhyde salicylique par les extraits d'organes se fait mieux dans le vide qu'en présence de l'air; la présence d'oxygène libre diminue et peut même supprimer l'oxydation. Dans les extraits maintenus dans le vide, l'oxygène nécessaire à l'oxydation doit être fourni par des combinaisons oxygénées que dissocie le ferment oxydant. — M. **M. Nicloux** a observé que l'état de jeûne et l'état de digestion d'un repas de graisse ne semblent influencer aucunement la proportion de glycérine dans le sang. — MM. **V. Henri** et **Larguier des Bancels** ont reconnu que la loi de l'action de la trypsine sur la gélatine est la même que celle des diastases des hydrates de carbone.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Charrin** et **Roché** ont observé qu'au cours de la gestation les poisons de l'organisme augmentent par excès de production et défaut d'élimination et de destruction. Ces conditions favorisent le développement de l'éclampsie. — M. **Finsen** communique les résultats de l'emploi de la photothérapie dans le traitement du lupus à son institut de Copenhague. Sur 695 cas traités, 94 °/₀ ont été favorablement influencés. — MM. **A. Laveran** et **F. Mesnil** démontrent que le nagana, le surra et le caderas sont trois entités morbides distinctes. — MM. **C. Chéneveau** et **G. Bohn** ont constaté que le champ magnétique modifie les mouvements ciliaires, la croissance et la multiplication des Infusoires. Il produit assez rapidement toutes les particularités de la sénescence. Finalement, il tue, et jamais les individus ne tendent à se rajeunir par une conjugaison. — M. **G. André** poursuit l'étude des phénomènes de la nutrition chez les plantules pourvues ou non de leurs cotylédons. — M. **P. Vuillemin** a observé la présence d'organes repro-

ducteurs chez des Bactéries, les Clostridiacées. Ce sont des bâtonnets sporogènes, contenant généralement deux spores juxtaposées dans un renflement. — M. **J. Chifflot** a étudié la structure de la graine de *Nymphaea flava* Leitn.; ses caractères la différencient nettement de toutes les autres espèces du même genre et montrent que la plante doit être classée dans la sous-section spéciale des *Xanthantha*. — M. **J. Beauverie** a étudié la maladie des platanes, due au *Glœosporium nervisequum*. Les tissus les plus actifs de la tige, le liber et le cambium, sont détruits par le champignon; celui-ci se conserve d'une année à l'autre par son mycélium perennant dans l'intérieur des tissus de l'hôte. Le seul moyen curatif est l'élagage des rameaux atteints pratiqué à temps. — M. **P. Carles** a déterminé les espèces végétales exotiques des environs immédiats de Béziers : il y a des espèces incidentes, qui n'ont qu'une génération et disparaissent ensuite, des espèces qui pourraient se naturaliser et des espèces franchement naturalisées. — M. **Lacoin** communique ses recherches sur la géologie des pays de l'Oubanghi au Tchad. — MM. **E. Cartailhac** et l'abbé **H. Breuil** ont examiné les peintures de la grotte d'Altamira (Espagne). Elles représentent des Bovidés (bisons), des sangliers, des chevaux, une biche; le gisement appartient à la base des couches de l'âge du renne.

Séance du 29 *Juin* 1903.

L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, la liste suivante de candidats pour la chaire de Zoologie vacante au Muséum : 1° M. **Joubin**; 2° M. **Fischer**.

1° Sciences mathématiques. — M. **W.-H. Young** établit une propriété nouvelle des séries infinies de fonctions continues dont la somme est une fonction continue. — M. **H. Chaumat** a reconnu que, si un disque circulaire pesant, mais décentré, glisse sur une droite horizontale ou inclinée, le rapport de la composante tangentielle à la composante normale de la réaction au point de contact diminue quand on décentre le disque. — M. **Ch. André** communique les occultations observées et les mesures d'appulses faites à l'Observatoire de Lyon pendant l'éclipse partielle de Lune du 11 avril 1903. Le demi-diamètre d'appulse (15'35",12) est plus grand que celui des occultations (15'32",95). — MM. **E. Stéphan, G. Bigourdan et Salet, Rambaud** et **Sy, P. Chofardet, J. Guillaume** et **G. Le Cadet** adressent leurs observations de la comète Borrelly (1903 *c*) faites respectivement aux Observations de Marseille, Paris, Alger, Besançon et Lyon. La comète se présente sous forme d'une nébulosité arrondie avec une queue assez faible; le noyau est de 10e grandeur et son éclat va en augmentant rapidement. Au moyen des observations déjà faites, M. **G. Fayet** a calculé les éléments de la comète. — M. **F. Rossard** a observé à Toulouse la tache brillante de Saturne, qui était accompagnée d'une plus petite.

2° Sciences physiques. — M. **G. Meslin** a observé que certaines liqueurs, comme la dissolution de chlorate de potasse dans l'alcool amylique, présentent un dichroïsme spontané. La cause qui intervient pour orienter les lamelles tenues en suspension dans le liquide paraît être la pesanteur. — MM. **A. Cotton** et **H. Mouton** ont mis en évidence, par un nouveau procédé, des particules ultra-microscopiques. Il consiste à emprisonner une goutte du liquide à examiner entre une lame et un couvre-objet et à envoyer un faisceau de lumière de telle sorte qu'il subisse la réflexion totale sur la surface supérieure du couvre-objet et soit rejeté vers le bas dans l'intérieur du liquide. — M. **E. Bouty** a reconnu que la cohésion diélectrique d'un gaz ou d'un mélange de gaz ne dépend que de la distance moyenne des molécules. — MM. **André Broca** et **Turchini** ont constaté que la répartition des potentiels le long de l'antenne de la télégraphie sans fil est sensiblement linéaire, au moins sur les trois quarts de sa longueur. — M. **de Tavernier** donne une description de l'*électro-typographe*, machine qui fabrique la composition typographique en caractères mobiles, fondus au fur et à mesure et disposés en lignes justifiées à 0mm,1 près, et du *télé-typographe*, qui permet de composer le même texte en même temps dans plusieurs villes différentes. — M. **Vaugeois** communique les résultats qu'il a obtenus avec des plaques positives d'accumulateurs, genre Planté, à grande capacité. — M. **M. Berthelot** a vérifié par un grand nombre d'expériences les lois qu'il a données sur les forces électromotrices des piles à un et à deux liquides. — MM. **H. Pellat** et **A. Leduc** ont déterminé à nouveau l'équivalent électrolytique de l'argent et ont trouvé la valeur moyenne 0,011.195. — M. **Aug. Charpentier** a observé que des gouttes d'électrolytes, en solutions plus ou moins concentrées, déposées sur une couche de gélatine, diffusent régulièrement. L'action d'un courant déplace les ions positifs et négatifs avec des vitesses inégales, dans des sens opposés et suivant la direction des lignes de force. — M. **H. Guilleminot** a construit un ozoneur dans lequel la production de l'ozone est due à l'effluvation de spirales à haute tension et haute fréquence. — M. **G. Claude** a constaté que, lorsque de l'air est appelé à se liquéfier progressivement, les premières parties qui se liquéfient sont les plus riches en oxygène. — M. **Ch.-Ed. Guillaume** : Sur la théorie des aciers au nickel (voir p. 705 et p. 764). — M. **H. Baubigny** a reconnu que l'action d'un persulfate sur les sels de MnO^2 en liqueur acide à chaud donne naissance à un sel de sesquioxyde, qui se décompose en présence de l'acide libre en MnO^2; l'action se continue jusqu'à transformation complète du protoxyde, si l'on a employé la quantité de persulfate nécessaire. — M. **A. Colson**, en traitant le tétracétate plombique par les acides butyrique, stéarique, palmitique dans le vide, a obtenu les sels correspondants avec dégagement d'acide acétique. Ces composés plombiques sont décomposés par l'eau avec absorption de chaleur. — MM. **Em. Vigouroux** et **Hugot**, en faisant réagir le gaz ammoniac sur le chlorure de silicium à une température inférieure à 0°, ont obtenu l'amidure de silicium Si $(AzH^2)^4$. Celui-ci se décompose au-dessus de 0° en donnant de l'imidure Si $(AzH)^2$ et de l'ammoniac. — MM. **Chrétien** et **Guinchant** ont constaté que l'acide ferrocyanhydrique forme avec l'éther une combinaison renfermant 1 molécule d'acide et 2 molécules d'éther; ce composé ne se forme et ne se détruit que sous l'influence d'agents catalytiques tels que la vapeur d'eau; il peut absorber, en outre, jusqu'à 0,71 molécule d'éther à 0° pour donner une dissolution solide. — MM. **L. Bouveault** et **G. Blanc** préparent les alcools primaires au moyen des acides gras correspondants en réduisant les éthers méthyliques ou éthyliques de ces acides par le sodium en présence d'alcool absolu. — M. **P. Lemoult** a constaté que le chlorophosphotétranilide $PCl(AzH.C^6H^5)^4$ est, en réalité, le chlorhydrate d'une base nouvelle, la trianilidophénylphosphimide, $(C^6H^5.AzH)^3P : Az.C^6H^5$, F. 232°. — MM. **A. Haller** et **H. Desfontaines** ont observé que la transformation d'une molécule aliphatique active en une molécule cyclique est accompagnée d'une augmentation de pouvoir rotatoire. L'introduction des radicaux propylé et allylé dans une molécule cyclique a pour effet d'abaisser son pouvoir rotatoire. — M. **Th. Schlœsing père** décrit une nouvelle méthode d'analyse mécanique des sols; on abandonne au repos dans un vase cylindrique l'eau chargée de terre délayée et l'on recueille, à mesure de leur formation, les dépôts successifs précipités pendant vingt-quatre heures. — M. **Débourdeaux** propose une nouvelle méthode de dosage volumétrique de l'azote nitrique, basée sur l'oxydation de l'acide oxalique par les nitrates en présence d'acide sulfurique et d'un sel de manganèse. — M. **Albahary** indique un procédé de dosage de l'acide oxalique et des oxalates préformés dans les urines. — MM. **Cadéac** et **Maignon** ont constaté que tous les organes ou tissus du chien et du cheval (hormis le tissu osseux) peuvent à l'état normal renfermer une petite quantité de glucose; ils en pro-

duisent tous quand on les soumet à la vie asphyxique pendant un temps convenable. — **MM. V. Henri** et **S. Lalou** ont reconnu que l'émulsine forme une combinaison intermédiaire avec les corps qu'elle transforme et que c'est cette combinaison qui se décompose en régénérant le ferment. — **MM. E. Charabot** et **A. Hébert** ont observé, chez la plante, qu'à un état d'hydratation moindre correspond non seulement une éthérification plus active de l'alcool, mais encore une éthérification plus active de l'acide. C'est en provoquant la transpiration que la fonction chlorophyllienne favorise l'éthérification.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Hénocque** a constaté que le séjour aux altitudes de 1.000 à 2.000 mètres produit une prolongation dans la durée de réduction de l'oxyhémoglobine. — **M. A. Moutier** a obtenu de bons résultats dans le traitement de l'hypertension et de l'hypotension artérielles par la d'Arsonvalisation ou autoconduction. — **MM. A. Imbert** et **J. Gagnière** ont étudié l'état variable des muscles actifs pendant la durée d'une contraction à l'ergographe. — **M. Guglielminetti** présente un appareil à inhalation d'oxygène. — **M. F. Houssay**, par l'incubation d'un œuf contenant probablement deux jaunes, a obtenu un poulet qui vécut sept jours après l'éclosion, et qui portait le second jaune inclus dans l'abdomen. — **M. F. Marceau** a reconnu que les bandes transversales scalariformes striées des fibres cardiaques sont des formations spéciales aux Mammifères adultes, aux jeunes Mammifères quelque temps après la naissance et aussi à certains Oiseaux déjà arrivés à leur complet développement. — **M. C. Viguier** a étudié l'action de l'acide carbonique sur les œufs d'Echinodermes : elle est très variable, tantôt favorable, tantôt nuisible, ce qui est contraire à la théorie de M. Delage. — **M. Dubuisson** communique ses recherches sur la dégénérescence normale des œufs non pondus. — **M. A. Lécaillon** a étudié le développement de l'ovaire du *Polyxenus lagurus*. La substance cytochromatique représente une différenciation protoplasmique spécialement destinée à l'élaboration des matières assimilables dont l'œuf a besoin. — **MM. M. Molliard** et **H. Coupin** ont observé que la privation de potassium entraîne dans la morphologie du *Sterigmatocystis nigra* des modifications qui portent surtout sur les appareils conidiens; les spores ont une grande difficulté à se former. — **M. H. Jumelle** a étudié le *Cryptostegia madagascariensis*, Asclépiadée textile de Madagascar. La filasse de cette plante est de qualité nettement supérieure à celle de l'*Urena lobata*, qui est elle-même supérieure au jute. — **MM. L. Mangin** et **P. Viala** ont reconnu que le *Bornetina Corium* de la phthiriose de la vigne se distingue par son mycélium végétatif à cloisons pourvues de boucles, par ses sporanges monosporés et ses filaments réfringents constitutifs de la masse coriace. Il rentre dans un groupe spécial, celui des Bornétinées. — **M. Chifflot** a observé que la symétrie des radicelles de *Pontederia crassipes* est nettement bilatérale, par suite de la réduction, due vraisemblablement au milieu ambiant, des systèmes ligneux et libériens. — **M. L. Cayeux** a trouvé de nombreux cristaux macroscopiques d'albite dans les dolomies et cargneules triasiques de la Crète occidentale. — **M. P. Castelnau** a observé en Corse des phénomènes de glaciation, limités jusqu'à présent à la haute montagne, ce qui semble indiquer que le Monte Rotondo a été soumis à un régime de glaciers locaux suspendus aux crêtes. — **M. de Montessus de Ballore** signale l'existence de deux grands cercles d'instabilité sismique maxima : le cercle ando-japonais-malais et le cercle alpino-caucasien-himalayen-néo-zélandais. La surface terrestre tremble presque uniquement et à peu près également le long de ces deux principales lignes de relief, qui font entre elles un angle d'environ 67°. — **M. S. Meunier** a examiné une pluie de poussière tombée récemment en Islande. La matière recueillie est d'un gris foncé et d'une extrême ténuité; c'est de l'obsidienne finement pulvérisée.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 16 Juin 1903.

MM. A. Le Dentu et **A. Mouchet** communiquent une observation de contusion abdominale par coup de pied de cheval, avec rupture de la rate. La splénectomie fut pratiquée huit heures après et le malade guérit rapidement. Cette opération constitue, lorsqu'elle est possible, le traitement de choix dans tous les cas analogues. — **M. G. Dieulafoy** signale plusieurs cas d'association de l'appendicite à la cholécystite, avec ou sans péritonite. L'intervention chirurgicale hâtive est toujours de règle ici.

Séance du 23 Juin 1903.

M. Kirmisson est élu membre titulaire dans la Section de Pathologie chirurgicale. **M. Narich** (de Smyrne) et **M. Hirschberg** (de Berlin) sont élus Correspondants étrangers dans la Division de Chirurgie.

M. Cornil présente un Rapport sur une note du Dr **R. Vigouroux** relative au traitement des tumeurs du sein par les rayons X. L'auteur paraît avoir obtenu un cas de guérison chez une femme de 42 ans. — **M. Proust** répond aux critiques formulées par M. Teissier sur le système quarantenaire dans la Méditerranée. L'examen de la question est renvoyé à une Commission.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Juin 1903.

M. Moussu a provoqué, par l'ablation des organes thyroïdiens chez des chèvres au cours de la gestation, soit des cas de mort avec désordres rapides, soit des troubles de digestion et de nutrition. — **M. A. Charrin** estime que les corps thyroïdiens sont particulièrement nécessaires au cours de la gestation à cause de l'augmentation des poisons de l'économie. — **M. L. Maillard** : Transformation de l'indoxyle urinaire en couleurs indigotiques (voir p. 736). — **M. L. Granjon** a obtenu une anesthésie parfaite de la dentine par l'injection, dans le périoste alvéolo-dentaire, d'un mélange de cocaïne et d'adrénaline. — **M. A. Giard** considère les faux hybrides de Millardet comme le résultat d'une pseudogamie avec développement parthénogénétique du pronucléus mâle ou du pronucléus femelle. — **M. H. Cristiani** a observé des phénomènes d'hypertrophie compensatrice des greffes thyroïdiennes après l'ablation totale ou partielle du corps thyroïde chez des sujets porteurs de greffes. — **M. Ch.-A. François-Franck** a observé une congestion active du rein à la suite de l'excitation centripète des filets et du tronc du pneumogastrique. Il a également constaté des répétitions spontanées, à longs intervalles, de réactions réflexes provoquées une première fois par une excitation sensitivo-sensorielle ou psychique. — **MM. V. Henri** et **Larguier des Bancels** ont reconnu que la méthode de conductibilité électrique permet de suivre quantitativement avec beaucoup de précision l'action de la trypsine sur la gélatine (et aussi sur la caséine). L'activité du ferment reste constante pendant une digestion d'une heure; les produits de la digestion ralentissent la vitesse de la réaction. — **M. L. Camus** a observé un parallélisme général des courbes de la pression sanguine et de la pression atmosphérique. — **MM. L. Camus** et **M. Nicloux** ont constaté que des poissons plongés dans un milieu contenant des globules oxycarbonés fixent de l'oxyde de carbone par les branchies. — **M. M. Nicloux** : La glycérine du sang au cours du jeûne et de la digestion (voir p. 789). — **M. M. Arthus** a reconnu que le lait introduit dans l'estomac d'un mammifère adulte à jeun possède un pouvoir labogénique énergique; la décharge de lab-ferment ainsi produite est brusque et totale. — **MM. E. Thiercelin** et **L. Jouhaud** expliquent les effets de l'inoculation expérimentale de l'entérocoque par l'action d'une toxine, qui serait douée de propriétés athrepsiantes. — **MM. Chéneveau** et **Bohn** : Action du champ magné-

tique sur les Infusoires (voir p. 789). — **M. Chapman** a étudié le placenta du Tatou : il est non décidual, discoïde, zonulaire, c'est-à-dire très différent de celui des autres Edentés. — **M. N. Gréhant** a reconnu que l'exercice musculaire favorise l'élimination de l'alcool, mais moins qu'on ne pourrait le supposer *a priori*. — **M. P. Ferrier** a obtenu la disparition de l'albuminurie chez un jeune homme atteint de stomatite par le lavage régulier de la bouche et le brossage de la langue et des dents.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 *Juin* 1903.

M. **E. Bouty** rappelle ses expériences sur la différence de potentiel minimum nécessaire pour que de l'électricité passe sous forme d'effluve à travers un gaz contenu dans une enveloppe isolante, et placé dans un champ électrique uniforme. Il se propose d'établir aujourd'hui que ces mesures sont susceptibles d'une grande précision, si l'on se met à l'abri des perturbations, dues surtout à l'adhérence des charges électriques pour les parois isolantes. Quand on prend les précautions convenables, toutes les méthodes donnent des résultats identiques, et l'approximation d'une mesure isolée peut atteindre le $\frac{1}{200}$. Les expériences faites à des pressions supérieures à quelques millimètres de mercure indiquent une variation hyperbolique du champ critique. La valeur du champ tend rapidement vers une fonction linéaire $a + bp$ de la pression. Le coefficient b possède une valeur invariable, quelle que soit l'épaisseur du disque gazeux soumis à l'expérience et quelle que soit la nature de la paroi isolante. C'est donc bien une constante spécifique du gaz en expérience. Aux pressions très basses, le champ critique tend à varier en raison inverse de la pression, et même, avec certains gaz, du carré de la pression, tout au moins dans un certain intervalle. M. Bouty établit que le coefficient numérique qui intervient à basse pression, constant dans une même série d'expériences, varie à peu près en raison inverse de l'épaisseur du disque gazeux, de sorte que la différence de potentiel correspondante est à peu près indépendante de l'épaisseur de ce disque. Au contraire, cette différence de potentiel varie avec la nature de la paroi, ou plus généralement avec toute cause susceptible de modifier la couche gazeuse adhérente à la paroi. Le coefficient correspondant des formules empiriques n'est donc pas une constante spécifique du gaz. La différence de potentiel totale nécessaire pour que l'effluve passe peut être considérée, à une pression moyenne quelconque, comme la somme d'une différence de potentiel bpe (proportionnelle à la pression et à l'épaisseur du gaz, c'est-à-dire, en dernière analyse, au nombre de molécules) et d'un terme indépendant de l'épaisseur, représentant quelque chose d'analogue aux chutes de potentiel cathodique et anodique dans la décharge opérée entre des électrodes métalliques. Les recherches de M. Baille et de M. Max Wolf sur la décharge disruptive se prêtent, à la faveur d'une extrapolation, à des comparaisons numériques avec les expériences de M. Bouty. Sans entrer dans une discussion de détail, il suffira de dire ici qu'il est désormais établi que les fonctions linéaires, représentant la variation du champ explosif ou du champ critique d'effluve avec la pression, diffèrent par le terme constant (plus grand pour la décharge disruptive entre électrodes métalliques que pour l'effluve dans une masse gazeuse enfermée dans un ballon sans électrodes). Le coefficient du terme proportionnel à la pression est, au contraire, *identique* dans les deux fonctions linéaires. Ce coefficient, indépendant des conditions aux limites sur les électrodes ou la paroi isolante, est une constante spécifique du gaz. M. Bouty propose de réserver à cette constante b le nom de *cohésion diélectrique* du gaz, employé antérieurement par lui dans un sens plus général, mais moins précis. Cette cohésion diélectrique représente l'obstacle propre apporté par les molécules gazeuses à la désagrégation spéciale qu'elles doivent subir pour livrer passage à l'électricité, en devenant luminescentes. C'est, avec une définition plus précise, l'*electrical strength* de Maxwell, dont la constance, pour un gaz déterminé, doit désormais être considérée comme un fait expérimentalement établi. **M. Salvador Bloch** fait remarquer que les résultats obtenus par M. Bouty établissent que, quelque grande que soit la pression d'un gaz, sa cohésion diélectrique pourra être surmontée par une valeur suffisante du champ électrostatique. Or, on a deux moyens d'accroître l'intensité du champ entre les armatures d'un condensateur : augmenter la différence de potentiel entre les armatures ou rapprocher ces armatures; ainsi, pour une différence de potentiel de 1 volt, mais une distance de 1 micron, le champ serait de 10.000 volts-centimètres; il aurait une valeur qui serait 4 à 5 fois la plus grande intensité de champ employée par M. Bouty. Dans ces conditions, l'extrapolation des résultats obtenus par M. Bouty indique que l'air serait conducteur pour des pressions voisines de la pression atmosphérique. C'est précisément ce que M. Salvador Bloch a constaté, dans des expériences faites il y a plusieurs mois, et dont il avait hésité jusqu'à présent à publier les résultats : Ayant argenté les surfaces en regard d'un appareil producteur d'anneaux de Newton, les argentures étant suffisamment transparentes pour qu'on puisse mesurer la distance entre les armatures par un procédé optique, il constate, en reliant les argentures aux pôles d'une pile, avec un galvanomètre sur le circuit, que toujours le courant s'établit avant qu'il y ait contact optique et pour une distance entre les armatures qui est de l'ordre du micron. M. Salvador Bloch ne se dissimule pas les objections nombreuses qu'on peut faire à ce résultat, mais il lui paraît intéressant de constater que non seulement une conduction électrique par l'air, dans les conditions indiquées, ne semble pas invraisemblable, mais qu'elle apparaît, au contraire, comme la conséquence des résultats obtenus par M. Bouty. — MM. **André Broca** et **Sulzer** exposent à la Société les résultats de leurs études sur l'énergie nécessaire à dépenser pour permettre à l'appareil visuel d'acquérir la notion de forme. Ils ont employé le même appareil que l'année dernière pour étudier la sensation lumineuse en fonction du temps; ils remplaçaient seulement la plage uniforme par un gril. Un objectif donnait de ce gril une image très petite, et un disque à fente variable tournait dans le plan de cette image. Un deuxième objectif donnait une deuxième image sur un petit trou percé dans un écran. Celui-ci pouvait être à volonté sombre ou éclairé. On pouvait donc étudier trois cas : ou bien celui où une image se produirait subitement sur un fond sombre, ou bien celui où une image se produirait sur un fond éclairé, la région même de la rétine où l'image se peint étant à l'obscurité entre deux éclairs, ou bien celui où la rétine est éclairée constamment, un objet noir naissant subitement en un certain point. On pouvait, en faisant mouvoir un patin sur un banc d'optique, déterminer la distance à laquelle l'objet était distingué. Les résultats les plus simples sont donnés par l'étude des traits lumineux sur fond noir, tant plein que vide. On voit tout d'abord que, lorsque le temps est assez court, on ne distingue jamais rien, quoique la notion de lumière brute donnée dans ces conditions soit, dans beaucoup de cas, plus grande que celle qui correspond au régime permanent. Cela ressort de la comparaison des temps actuellement mesurés et de ceux qui ont été mesurés l'année dernière par les auteurs dans leur étude communiquée à la Société[1] sur la sensation lumineuse en fonction du temps. Il y a donc une distinction complète à faire entre le sens lumineux et le sens des formes. En effet, si l'acuité visuelle varie en fonction de l'éclairage en régime permanent,

[1] Séance du 20 juin 1902. — *Bulletin des séances*, 4e fascicule, p. 51.

elle n'est pas liée indissolublement à la grandeur de la sensation, puisque, quand on fait intervenir le facteur temps, une sensation intense et courte peut donner une acuité visuelle nulle tandis qu'une sensation plus faible donne une acuité visuelle 1, par exemple. Diverses régions rétiniennes ne s'adaptent pas avec la même vitesse pour le sens des formes. C'est ainsi que l'on commence toujours par distinguer les traits qui sont situés sur le point de fixation; puis, le temps d'admission de la lumière augmentant, on distingue les traits sur une étendue de plus en plus grande de l'image. L'onde de sensibilité ainsi produite se propage sur la rétine avec une vitesse de 0m,025 par seconde. Les courbes qui se présentent pour une intensité lumineuse objective donnée, la relation entre l'acuité visuelle et le temps d'admission de la lumière sont de la forme logarithmique; il est intéressant de voir cette forme se présenter une fois de plus dans l'étude des organes des sens. Pour l'éclat pris sur un papier blanc sous l'éclairement de 88 lux, l'œil acquiert l'acuité visuelle $\frac{1}{3}$ en 4 millièmes de seconde environ, tandis qu'il lui faut un quart de seconde pour acquérir l'acuité visuelle 1 dans les expériences sur jour sombre. Les résultats sont peu modifiés pour le fond d'adaptation blanc, le trou dudit objet restant noir. Au contraire, dans la troisième forme d'expérience, où un objet noir se détache subitement sur une région rétinienne éclairée en régime permanent, les phénomènes sont plus longs à s'accomplir, car il faut tenir compte de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine. L'étude des lettres montre que, pour le V, il faut un temps d'admission de la lumière beaucoup plus long que celui qu'il faut pour distinguer ses deux branches. Il y a donc de l'énergie employée dans l'acte cérébral de mémoire. Pratiquement, les caractères compliqués, comme E, B, etc., sont reconnus beaucoup moins vite que les autres; il y aurait donc lieu, au point de vue de la fatigue et de la notion de lecture, de modifier notre alphabet, pour n'admettre que des formes simples. De plus, il y aurait grand avantage à imprimer en blanc sur papier noir. Théoriquement, il faut une certaine énergie minima pour l'acte rétinien préparatoire nécessaire à la distinction d'une forme, et une autre quantité d'énergie pour l'accomplissement de l'acte cérébral. Le travail actuel mesure les quantités d'énergie lumineuse nécessaires pour déclancher ces divers actes.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 26 Juin 1903.

M. **Tanret** montre que le stachyose, le sucre des crosnes du Japon, n'est pas un triose comme on l'admet, mais un tétrose, $C^{24}H^{42}O^{21}$, que les acides minéraux dédoublent en deux molécules de galactose, une molécule de glucose et une molécule de lévulose. Or, ce tétrose est identique au mannéotétrose de la manne, dont il a toutes les propriétés physiques et chimiques. Leur forme cristalline paraît cependant les différencier, le stachyose ayant été décrit comme cristallisant dans le système triclinique, tandis que les cristaux de mannéotétrose ont été trouvés clinorhombiques par M. Wyrouboff. Ce savant, ayant bien voulu examiner comparativement des cristaux de stachyose et de mannéotétrose, les a trouvés tous clinorhombiques et semblables à ceux de mannéotétrose qu'il avait déjà déterminés. L'identification du mannéotétrose et du stachyose est donc complète. — M. P. **Freundler** a préparé les dérivés benzoylés de l'hydrazobenzène et de l'*o*-hydrazotoluène en employant la méthode de benzoylation en présence de pyridine. Les dérivés monobenzoylés se forment à froid; chauffés avec un excès de chlorure et de pyridine, ils donnent naissance aux dérivés dibenzoylés sans qu'il se fasse de dérivé benzidinique. Ces faits constituent une preuve nouvelle en faveur de l'existence momentanée d'un chlorobenzoate de pyridine (Einhorn et Hollandt). — M. **Wahl** expose les recherches entreprises en collaboration avec M. **Bouveault** sur la préparation des éthers nitriques et nitreux. Les méthodes classiques échouent complètement lorsqu'on les applique aux termes élevés dans la série. Les éthers nitriques des alcools primaires peuvent, au contraire, s'obtenir facilement en opérant l'éthérification au moyen de l'acide nitrique *réel* de M. Franchimont, à une température comprise entre 0 et + 5°. Les rendements sont quantitatifs. Avec les alcools secondaires, l'action de l'acide nitrique réel est purement oxydante et il se fait la cétone correspondante. Les alcools tertiaires réagissent vivement en donnant des corps azotés complexes. Les éthers nitreux se forment avec d'excellents rendements en faisant agir sur les alcools primaires, secondaires ou tertiaires, le chlorure de nitrosyle en présence de pyridine sèche. — M. **Lespieau**, ayant fixé du brome sur le cyanure d'allyle, maintenu à une température comprise entre + 10° et + 30°, a obtenu le nitrile $CH^2Br.CHBr.CH^2.CAz$, alors que, d'après d'autres expérimentateurs, à la température de 0° on obtiendrait le nitrile $CH^3.CHBr.CHBr.CAz$. Le nouveau corps possède le même point d'ébullition et la même densité que le nitrile résultant de l'action du bromure phosphoreux sur le composé $CH^2Br.CHOH.CH^2.CAz$, obtenu en fixant l'acide cyanhydrique sur l'épibromhydrine; comme lui, saponifié par l'acide chlorhydrique, il fournit l'acide $CH^2Cl.CHBr.CH^2.CO^2H$ et, saponifié par l'acide bromhydrique, l'acide $CH^2Br.CHBr.CH^2CO^2H$ fondant à 50°. — M. Moureu présente une note de M. **Lenormand** intitulée : *Nouvelle méthode pour doser les matières organiques dans les eaux et plus particulièrement dans celles qui contiennent des chlorures et des bromures.*

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 5 Juin 1903.

M. **Rutherford** résume nos connaissances actuelles sur les phénomènes radio-actifs. Il y a trois types distincts de radiations émises spontanément par les corps radio-actifs : ce sont les rayons α, β et γ. Les rayons α provoquent principalement la conductibilité des gaz; ils sont facilement absorbés par les métaux; ce sont des particules en mouvement, non des ondulations. Ces particules ont à peu près les dimensions des atomes d'hydrogène; elles sont positivement chargées et se meuvent avec une vitesse égale au dixième de celle de la lumière. Les rayons β sont analogues aux rayons cathodiques. Les rayons γ sont probablement des rayons de Röntgen de grand pouvoir pénétrant. En plus de ces rayons, deux éléments radio-actifs émettent des émanations, qui se comportent comme des gaz. Les radiations de ces émanations ne sont pas permanentes, mais diminuent en progression géométrique avec le temps; elles possèdent les propriétés de la matière gazeuse en quantité infinitésimale. Leur coefficient de diffusion peut être mesuré; l'ordre de leur poids moléculaire est de 100; elles sont occluses par les composés solides qui les émettent et elles peuvent être condensées aux basses températures. L'émanation du radium se condense à —150° centigrades, celle du thorium entre —120° et —150°. Les deux émanations excitent chez les objets sur lesquels elles tombent deux sortes de radio-activité temporaire, celle du radium disparaissant beaucoup plus rapidement que celle du thorium. Ces effets paraissent dus à une matière solide invisible, en quantité impondérable, qui peut être dissoute par quelques acides; en évaporant la solution, la radio-activité reste sans altération dans le résidu. L'auteur discute ensuite le résultat des expériences faites avec Soddy sur le thorium. Le thorium, précipité de ses solutions par l'ammoniaque, ne retient que 25 °/o de son activité. Si l'on évapore la solution et calcine, on retrouve les 75 °/o restants dans le petit résidu laissé, qui est chimiquement différent du thorium et est appelé Th-X. Abandonnés à eux-mêmes, le thorium re-

couvre graduellement son activité, tandis que Th-X la perd. A tout instant, la somme des deux activités est constante. Il ne peut en être ainsi que si Th-X est continuellement produit par le thorium, ce qu'on vérifie par des précipitations. Le changement de l'uranium en uranium-X est analogue. L'auteur explique tous ces faits en admettant l'émission de particules α formant parties intégrales de l'atome de l'élément radio-actif; Th-X est du thorium moins une ou plusieurs particules α projetées; l'émanation consiste en Th-X moins une autre particule α. L'émission spontanée de chaleur par les sels solides de radium s'expliquerait par le bombardement interne des particules α émises, mais absorbées dans la masse de la substance. La quantité d'énergie dégagée dans ces modifications sub-atomiques est énorme.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 17 Juin 1903.

M. T. E. Thorpe communique une méthode de détermination de l'arsenic dans les combustibles. Elle consiste à brûler une quantité connue de coke ou de charbon finement pulvérisé dans un courant d'oxygène, à faire passer les produits de la combustion dans un appareil d'absorption convenable et à déterminer la quantité d'arsenic absorbée et celle qui reste dans les cendres. — Le même auteur décrit une méthode électrolytique pour la détermination de petites quantités d'arsenic, spécialement dans les matières premières de la brasserie. Cette méthode a l'avantage d'éviter l'emploi du zinc et de donner des dépôts plus uniformes; par contre, l'appareil est plus coûteux. — **M. A. E. H. Tutton** a étudié les propriétés morphologiques et physiques du sulfate d'ammonium cristallisé: les constantes spécifiques font bien voir la nature particulière du radical ammonium, tandis que les constantes moléculaires montrent que l'ammonium occupe, dans la série des alcalis, une place intermédiaire entre le rubidium et le césium, très proche du premier. — **M. A. Holt jun.** a soumis des morceaux de sodium, chauffés dans un tube à combustion, à l'action d'un courant d'hydrogène pur et sec. Il se forme une substance qui se dépose dans les parties froides du tube sous forme de cristaux incolores et de filaments blancs; c'est l'hydrure NaH. Il est décomposé instantanément par l'eau et les acides; le phénol et l'ammoniaque ne l'attaquent qu'à chaud en donnant du phénate de soude et de la sodamide. L'acide carbonique à chaud donne du carbone et un carbonate. — **M. A. Lapworth** a constaté que l'action du brome sur l'acétone n'a lieu rapidement qu'en présence d'alcali ou d'acide. Il en déduit que la bromuration n'est pas une simple substitution, mais qu'elle est précédée d'une transformation de l'acétone, probablement en sa forme énolique, facilitée par l'alcali ou l'acide. L'action du brome et du chlore sur d'autres composés carbonyliques est également accélérée par les acides. — Le même auteur a observé que la vitesse de combinaison de l'acide cyanhydrique avec la camphoquinone est accélérée par les sels des acides faibles et surtout par les bases fortes. Quand les cyanhydrines sont très stables, elles peuvent même se former directement à partir du cyanure de potassium.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION CANADIENNE

Séance du 6 Mai 1903.

M. W.-R. Lang présente un tableau des industries chimiques au Canada; les principales peuvent se classer comme suit : 1° sel ordinaire, alcalis et composés chlorés; 2° extraction et raffinage des métaux (fer, cuivre, nickel, aluminium, plomb, argent, arsenic, antimoine, or); 3° industries du cuir et tanneries; 4° acides sulfurique et acétique, alcool méthylique, coke et ammoniaque; 5° savons et glycérine; 6° produits chimiques purs; 7° engrais; 8° goudron et asphalte; 9° carbure de calcium, carborundum et graphite; 10° ciment et plâtre; 11° fabrication et raffinage du sucre de betterave; 12° gaz naturel et pétrole; 13° pulpe et papier; 14° amiante. — **MM. W.-R. Lang** et **W.-M. Wilkie** ont observé que l'action du permanganate de potasse sur l'indigo varie suivant la quantité d'acide sulfurique présent et la température. Dans le dosage des nitrates par la méthode au carmin d'indigo, il faut donc toujours opérer dans les mêmes conditions pour obtenir quelque exactitude. — **MM. A. Tingle** et **W. Morrison** ont déterminé la perte du poids par dégraissage des laines brutes et filées. On obtient à peu près les mêmes résultats par extraction à l'éther et à l'éther de pétrole; ce dernier solvant paraît être le plus convenable à cause de son prix moindre et de sa grande volatilité.

SECTION DE LONDRES

Séance du 4 Mai 1903.

M. J. Lewkowitsch signale les problèmes qui se présentent aujourd'hui dans l'industrie des graisses. Pour cela, il divise ces industries en trois groupes : 1° industries ayant pour objet le raffinage des graisses et huiles; 2° industries dans lesquelles les glycérides subissent un changement chimique sans être saponifiés; 3° industries basées sur la saponification des graisses et huiles. Dans le premier groupe, le principal problème est l'élimination des acides gras libres, surtout dans les produits comestibles. Le deuxième groupe présente un grand nombre de questions relatives surtout aux phénomènes qui se passent dans les huiles oxydées, les huiles bouillies et les huiles vulcanisées. Enfin, le problème de la saponification, dans le troisième groupe, peut encore donner lieu à bien des recherches, en particulier quant à l'application des ferments à la saponification. — **M. W. Smith** présente des allumettes, fabriquées par M. S. A. Rosenthal, totalement exemptes de phosphore et s'allumant par friction sur n'importe quelle surface. La composition du mélange inflammable est la suivante : thiosulfate de cuivre, 5 parties; thiocyanate de cuivre, 10 p.; chlorate de potasse, 40 p.; verre pulvérisé, 9 p.; sulfure d'antimoine, 3 p.; sulfate de calcium, 3 p.; soufre, 4 p.; solution de gélatine à 10 °/₀, 26 p.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 11 Juin 1903.

M. S. H. van 't Hoff rend compte de la suite de ses recherches sur les conditions de formation des dépôts salins océaniques. Dans la présente note, il étudie les limites d'existence supérieures de la schœnite, des hepta- et hexahydrates du sulfate de magnésium, de l'astracanite, de la léonite et de la caïnite, en présence du sel gemme; en collaboration avec **M. Meyerhoffer**, l'auteur constate que ces limites correspondent respectivement aux températures de 26°, 31°, 35°,5, 59°, 61°,5 et 83°, de façon que la présence de ces sels dans les dépôts salins peut servir, pour ainsi dire, de thermomètre géologique. — **M. Frobenius** a continué ses recherches sur la théorie des quantités hypercomplexes. Tout ensemble à unité principale est la somme de son radical et d'un ensemble de Dedekind dont le déterminant est divisible par tout facteur premier du déterminant. Tout ensemble de racines comprend un ensemble secondaire invariant d'ordre premier. — **M. Kayser** a étudié les lignes des spectres d'arc de l'yttrium et de l'ytterbium.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 22 Mai 1903.

M. R. Zsigmondy présente une série d'échantillons destinés à servir d'objets d'essai pour rendre visibles

les particules ultra-microscopiques d'après la méthode indiquée par **M. H. Siedentopf** et l'auteur lui-même[1]. Une condition nécessaire pour que cette méthode puisse s'appliquer, c'est que les particules dont il s'agit de révéler l'existence se trouvent réparties au sein d'un milieu « optiquement vide » à un état de division extrême et dans une dilution suffisante. Or, on connaît depuis longtemps les verres rubis à or, les solutions d'or colloïdales, la pourpre de Cassius, etc., substances qui toutes renferment de l'or à l'état de division très élevée, allant dans certains cas jusqu'aux dimensions moléculaires. Les solutions d'or colloïdales, en raison de la dispersion diffuse qu'elles présentent à la lumière incidente, ont été regardées par beaucoup d'expérimentateurs comme hétérogènes, tandis que l'auteur, se basant sur les résultats de ses recherches, maintenait l'opinion que ces solutions sont essentiellement homogènes, l'hétérogénéité n'étant qu'un phénomène absolument secondaire, dû aux particules en suspension. Or, l'étude que l'auteur vient de faire, en collaboration avec M. Siedentopf et à l'aide du procédé susmentionné, a donné les résultats que voici : L'or finement divisé ne donne pas lieu, à l'état de solution colloïdale, à une diffusion appréciable à la lumière ordinaire, si les particules d'or sont inférieures à environ 20 μμ. Bien que les verres rubis renferment des particules de différentes grandeurs, un échantillon donné n'en contient guère que d'un ordre de grandeur sensiblement déterminé, et cette même règle est encore vraie, bien qu'à un degré moindre, pour les solutions d'or colloïdales. Les particules de ces dernières, à l'opposé des particules d'or plus considérables qu'elles contiennent en suspension, présentent des mouvements de translation et d'oscillation d'autant plus vifs que les particules sont plus petites. Il semble que la forme des particules individuelles affecte à un degré considérable la nuance des verres rubis. Quant aux couleurs d'absorption du verre ou de la solution colloïdale, on peut affirmer qu'elles sont identiques à celles des disques de diffraction de l'image microscopique. Il existe des solutions d'or colloïdales, ainsi que des verres rubis à or, dont les particules restent en dessous des limites de visibilité propres de la présente méthode. — **MM. Siedentopf et Zsigmondy** décrivent ensuite deux méthodes pour déterminer l'ordre de grandeur de ces particules ultra-microscopiques. L'une de ces méthodes, basée sur la comparaison de l'intensité lumineuse des disques de diffraction, ne donne qu'une mesure relative, tandis que l'autre, géométrique, dont il a été question dans une note antérieure[2], est susceptible de fournir des données absolues.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 22 Mai 1903.

1° Sciences physiques. — **M. P. Czermak** communique le résultat de ses recherches, faites à Innsbruck, sur la dispersion de l'électricité dans l'atmosphère. La dispersion a une période annuelle bien déterminée; elle est minimum en hiver, maximum en été. Il y a également une période diurne avec un minimum entre onze heures et midi, et un maximum entre trois heures et cinq heures de l'après-midi; certaines courbes offrent une période diurne double, avec un second minimum dans la nuit et un second maximum à 8 heures du matin. En temps de föhn, la dispersion augmente beaucoup. — **M. Auer von Welsbach** a préparé une grande quantité de sels de néodyme et de praséodyme à l'état pur, à la suite d'un grand nombre de fractionnements; il n'a pas trouvé de traces appréciables d'autres métaux dans le didyme. Les déterminations de poids atomique lui ont donné les résultats suivants : praséodyme 140,57; néodyme 144,45 (O = 16).

2° Sciences naturelles. — **M. E. Zederbauer** a découvert deux nouvelles espèces de Myxobactériacées; il y a reconnu deux sortes d'éléments différents : ceux d'un champignon et ceux d'une bactérie. Pour lui, on se trouve en face d'un nouveau cas de symbiose, analogue à celui des lichens.

Séance du 4 Juin 1903.

1° Sciences physiques. — **M. A. Wassmuth** déduit, de ses observations sur le refroidissement des barreaux d'acier pendant la flexion, une nouvelle méthode pour déterminer la variation du module d'élasticité avec la température. Il trouve pour l'acier que $\frac{1}{E}\frac{dT}{dE}$ est égal en moyenne à $2,41 \times 10^{-4}$. — **M. J. Hladik** a observé que l'aldéhyde crotonique se combine avec l'hydrazine en une aldazine $C^8H^{12}Az^2$, F. 96°, décomposable par les acides en ses constituants. Il se forme en même temps une aldazine polymère $C^{16}H^{24}Az^4$. La crotonaldazine, chauffée avec l'hydrate d'hydrazine, donne la méthyl-5-pyrazoline. — **M. A. Kailan** a soumis de l'alcool amylique de fermentation de diverses provenances à l'oxydation, préparé les sels d'argent des acides formés et soumis ceux-ci à la cristallisation fractionnée. Il trouve que l'acide valérique obtenu se compose en majeure partie d'acide isopropylacétique, et ne renferme que de faibles quantités d'acide méthyléthylacétique. On en conclut que l'alcool amylique de fermentation est formé surtout d'isopropyléthol et d'un peu de méthyléthyléthol actif, contrairement aux affirmations de Bémont.

2° Sciences naturelles. — **M. A. Peter** communique ses recherches sur l'anatomie des organes végétatifs du genre *Boswellia*. — **M. F. Nopsca** poursuit ses études sur les restes de Dinosauriens de Siebenburgen. Il a découvert des prémaxillaires et des prédentaux de *Mochlodon*; le prédental ne doit pas être considéré comme faisant partie de l'endosquelette, mais comme une formation de l'exosquelette, analogue à l'épijugalia des Cératopsides. — **M. F. Berwerth** continue ses recherches géologiques dans l'aile sud du tunnel de Tauern.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 24 Avril 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. de Vries** : *Les complexes de rayons en rapport avec une courbe gauche rationnelle.* L'auteur suppose que les tangentes d'une courbe gauche rationnelle de l'ordre n sont groupées de manière à former une involution d'ordre p; le complexe dont il s'agit est le lieu des congruences linéaires dont les deux directrices font partie d'un même groupe de cette involution. Ce complexe est de l'ordre $(2n-3)(p-1)$; les courbes du complexe admettent $(n-2)(2n-5)(p-1)^2$ tangentes doubles, et les cônes du complexe autant d'arêtes doubles. Les droites s'appuyant sur trois directrices d'un même groupe forment une congruence d'ordre et classe $(n-2)(p-1)(p-2)$. Ensuite l'auteur étudie plus en détail le cas particulier $n=3$, $p=2$. — **M. J. C. Kluyver** : *Une expression analytique du plus grand commun diviseur de deux nombres entiers.* L'auteur se propose d'indiquer certaines fonctions z de deux variables réelles x et y qui font connaître, pour des valeurs positives et entières de ces variables, leur plus grand commun diviseur. Ses résultats se trouvent en partie sous une autre forme, dans un mémoire de Stern (« Zur Theorie der Function $\varepsilon(x)$ », *Journ. von Crelle*, t. CII, p. 9). Une des formes de la fonction z est donnée par l'équation :

$$\frac{B_k}{2k!}z^{2k} = x^k y^k \int_0^1 g_k(xu)\, g_k(yu)\, du,$$

où

$$\frac{1}{2}g_{2k-1}(u) = (-1)^k \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\sin 2\pi nu}{(2\pi n)^{2k-1}}$$

[1] *Revue génér. des Sc.* du 15 mars 1903, p. 231.
[2] *Revue génér. des Sc.*, p. 231.

et

$$\frac{1}{2} g_{2k}(u) = (-1)^{k-1} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\cos 2\pi n u}{(2\pi n)^{2k}},$$

tandis que B_k représente, comme d'ordinaire, un coefficient de Bernoulli. Surfaces en rapport avec cette représentation.

2° Sciences physiques. — **W. H. Julius** : *Sur les maxima et les minima d'intensité de lumière qui se présentent quelquefois dans les élargissements des raies spectrales.* En étudiant, en 1896 et 1898, une série de photogrammes du spectre solaire, pris en 1888 et 1889 par Rowland, M. L. E. Jewell découvrit une planche remarquable sur laquelle les raies de Fraunhofer montrant le plus grand degré d'élargissement (les raies H et K du calcium, quelques raies du fer, etc.) semblaient être résolues en un système de raies faibles, situées symétriquement de part et d'autre de la raie d'absorption centrale. La distance mutuelle des minima augmentait avec la distance de cette raie centrale. Les autres photogrammes de Rowland et de nouveaux photogrammes faits par M. Jewell lui-même montraient aussi de faibles indications de systèmes analogues. Le photogramme montrant le plus distinctement la structure des raies H et K offrait, de plus, cette particularité que l'obscurité moyenne de l'élargissement y était excessivement faible. De même, le spectre anormal de M. Hale (*Rev. génér. des Sc.*, t. XIV, p. 470) fait voir des rayures analogues, avec des maxima et des minima, sous le microscope. L'auteur donne, en supposant que la cause principale de l'élargissement des raies de Fraunhofer n'est pas l'absorption, comme on le croit ordinairement, mais plutôt la dispersion anomale des espèces de lumière situées de part et d'autre de la raie centrale d'absorption, une explication assez simple du phénomène observé, qui indique pourquoi ce phénomène ne se présente qu'assez rarement. A cette fin, il suffit de supposer que, pendant le temps d'exposition extrêmement court, la vapeur du métal a formé une flamme de structure tubiforme, dirigée par hasard vers le spectroscope. Il a même pu imiter le phénomène dans le spectre d'absorption de la vapeur de sodium. — Ensuite, M. Julius présente, au nom de MM. **J. W. Commelin** et **E. Cohen** : *La force électromotrice des éléments de Daniel.* Les auteurs se proposent de montrer que les considérations publiées par M. J. Chaudier dans les *Comptes rendus* (t. CXXXIV, p. 277) sont incompatibles avec les idées contemporaines de la génération de la force électromotrice dans ces éléments. Une répétition des expériences de M. J. Chaudier avec un appareil nouveau a donné des résultats qui ne s'accordent pas avec ceux de M. Chaudier, comme le montre le tableau I. Ce tableau, où sous I et II se trouvent les résultats obtenus par les deux auteurs avec le même élément, mais indépendamment l'un de l'autre, fait voir, entre autres choses, que la valeur maxima de la force électromotrice pour un demi-gramme de $ZnSO^4$, $7H^2O$ dans 100 grammes d'eau, accusée par M. Chaudier, n'existe pas. — **M. H. A. Lorentz** : *L'émission et l'absorption des métaux dans le cas de longueurs d'onde considérables.* Dans leurs dernières expériences sur le pouvoir réflecteur des métaux, MM. Hagen et Rubens ont démontré qu'on peut rendre compte des propriétés des corps vis-à-vis des rayons de longueurs d'onde considérables en faisant dépendre la vitesse de propagation des vibrations électriques des mêmes équations qui sont de rigueur pour des courants lentement variables et qui ne contiennent d'autre constante physique du métal que le pouvoir conductif. Cela implique que les représentations de la théorie des électrons qui donnent une idée du mécanisme du mouvement de l'électricité doivent suffire pour fournir une image satisfaisante de l'absorption des rayons. Comme on le sait, ces représentations ont été développées par MM. Riecke et Drude, qui supposaient que chaque métal contient des électrons libres se mouvant avec une vitesse indépendante de la température, de la même manière que les molécules d'un gaz ou les ions libres d'un électrolyte. On peut s'imaginer que, dans ce « mouvement de chaleur », chaque électron se déplace suivant une droite, jusqu'à ce qu'il heurte un atome métallique ; sa trajectoire devient alors une ligne irrégulière en zig-zag, et, dans le cas où aucune cause spéciale n'intervient, il sera permis de supposer que, par un plan quelconque, il passe autant d'électrons de l'un des deux côtés que de l'autre. Aussitôt qu'une force électrique entre en jeu, tout change. Cette force favorisera le mouvement vers l'un des deux côtés, et c'est précisément dans ce surplus de mouvement vers ce côté que consiste le « courant électrique ». Pour qu'il y ait le rapport entre le pouvoir d'émission et le pouvoir d'absorption exprimé par la loi de Kirchhoff, le mécanisme dont dépend l'émission ne saurait différer de celui auquel on attribue l'absorption. Ainsi, l'on est porté à se demander si l'on peut rendre compte de l'émission d'un métal — toujours dans le cas de longueurs d'onde considérables — en s'imaginant que ce métal contient des électrons, se mouvant de la manière indiquée, sans qu'on ait besoin de recourir à des « vibratrices » proprement dites, admettant des vibrations à période déterminée qui leur sont propres. Dans cette communication, l'auteur se propose de démontrer qu'en effet cela est possible. Tout en se basant sur les idées que nous venons d'indiquer, il calcule le pouvoir d'émission d'un métal et le rapport entre cette quantité et le pouvoir d'absorption. Il trouve que ce rapport est indépendant des valeurs des quantités qui varient d'un métal à l'autre. Eu égard à la loi de Kirchhoff, ce résultat peut être considéré comme le rapport entre le pouvoir d'émission et le pouvoir d'absorption d'un objet quelconque, ou bien comme le pouvoir d'émission d'un corps parfaitement noir; ce rapport dépend d'une grandeur constante dont l'auteur indique la signification physique. — M. C. A. Lobry de Bruyn présente, au nom de **M. J. W. Dito** : *La réaction du phosphore sur l'hydrazine.* Dans ce travail, l'auteur continue les recherches commencées par MM. Lobry de Bruyn et R. Schenck.

Tabeau I. — ***Forces électromotrices des éléments Daniels.***

Grammes de $ZnSO_4$, $7H_2O$ dans 100 grammes d'eau	Force électromotrice a 15° (en volts)			
	Commelin et Cohen			Chaudier
	I	II	moyenne	
1/12	1,143	1,149	1,146	1,1138
1/6	1,141	1,146	1,144	1,1151
1/2	1,135	1,134	1,135	1,1368
1	1,131	1,131	1,131	1,1331
2	1,125	1,124	1,125	1,1263
4	1,119	1,119	1,119	1,1249
6	1,116	1,116	1,116	1,1208
10	1,112	1,112	1,112	1,1188
30	1,104	1,104	1,104	1,1054
150,65 (saturé)	1,081	1,081	1,081	1,0902

3° Sciences naturelles. — M. J. W. Moll présente, au nom de **M. J. H. Bonnema** : *Un couple de nouveaux blocs erratiques méso-cambriens du diluvium des Pays-Bas.* — M. M. W. Beyerinck présente, au nom de **M. G. van Iterson junior** : *La destruction de la cellulose par les microbes aérobies.*

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Solennités scientifiques

Le Jubilé scientifique de M. Crova. — Une touchante cérémonie vient d'avoir lieu à la Faculté des Sciences de Montpellier, à l'occasion de la cinquantième année de professorat de M. Crova, l'un des maîtres les plus estimés de l'Université.

Devant un nombreux auditoire de professeurs et d'élèves, M. Benoît, recteur de l'Université, a retracé la carrière scientifique de M. Crova. Entré dans l'enseignement en 1853, comme professeur au Lycée de Montpellier, il fut, en 1870, désigné pour la chaire de Physique de la Faculté des Sciences, qu'il occupe encore aujourd'hui. C'est là qu'il accomplit les belles recherches sur l'Electricité, l'Optique et la Météorologie qui l'ont fait apprécier de tout le monde savant et lui ont valu depuis longtemps le titre de Correspondant de l'Institut.

M. Sabatier, doyen de la Faculté des Sciences, s'est ensuite associé, au nom de ladite Faculté, aux éloges qui venaient d'être faits de l'éminent professeur ; après quoi, M. Crova a remercié vivement les organisateurs de cette cérémonie. Une médaille commémorative lui a été remise en souvenir de cette journée.

§ 2. — Astronomie

Eclipse totale de Soleil en 1905. — On commence à se préoccuper de l'importante éclipse totale de Soleil qui doit avoir lieu le 30 août 1905, et dont la durée de totalité peut atteindre trois minutes quarante-cinq secondes. J. J. Landerer, d'après la méthode de Hansen, a calculé la zone de totalité, qui traverse l'Espagne du sud-ouest au nord-est en passant sur les Baléares, et donné une carte du phénomène[1] ; il a dressé la liste des localités importantes, les limites de la totalité, les heures des contacts; puis, étudiant les conditions climatériques susceptibles de fournir aux Missions les plus grandes chances de succès, il parvient aux conclusions suivantes :

Par son éloignement des grands massifs montagneux, Monte Colibre, soit l'îlot principal du petit groupe des Columbrètes, se range tout naturellement en première ligne. Ce choix entraîne néanmoins une circonstance fâcheuse, relative à la difficulté de s'installer sur un rocher désert, où il n'y a d'autre demeure que celle de l'employé attaché au service du phare. En seconde ligne se rangent la ville d'Alcala de Chisvert, desservie par le chemin de fer de Valence à Barcelone, où les Missions trouveraient toutes sortes de facilités pour l'emplacement des instruments, et le petit village d'Alcosebre, situé sur la côte, à 5 kilomètres au sud-est d'Alcala.

Usage astronomique du stéréocomparateur. — M. Pulfrich a réussi à construire, à Iéna, un comparateur permettant de confronter stéréoscopiquement deux clichés obtenus avec la même lunette, composé de deux microscopes coudés, convenablement assemblés pour superposer les deux images. Par ce procédé, le système de Saturne présente un relief particulièrement saisissant, et, sur des clichés distants de quelques années, les étoiles à parallaxes ou à mouvements propres sensibles sont trahies en se détachant du fond.

De plus, cet instrument est particulièrement précieux pour révéler les inégalités qui peuvent exister entre deux clichés, découvrir rapidement les étoiles variables, les petites planètes, faire la vérification immédiate des nombreuses petites nébuleuses qui parsèment le cliché, etc. Tels sont les usages que signale M. Wolf[1].

Nous savions déjà, notamment par les précieux efforts du colonel Laussedat, les services considérables que peut rendre le stéréoscope dans la topographie : la rapidité et l'exactitude des résultats obtenus permettent de relever aisément des régions qui seraient souvent difficiles à explorer si l'on s'en tenait aux anciennes méthodes. Helmholtz imagina déjà le téléstéréoscope, qui devait engendrer plusieurs instruments, notamment le télémètre stéréoscopique de Pulfrich, dont le colonel Laussedat entretint récemment l'Académie des Sciences[2]. On trouvera, dans cette importante communication, de précieux renseignements sur l'histoire des recherches analogues et, principalement, leur application à la topographie.

[1] *Bull. Soc. Astron.*, mars 1903.

[1] *Astr. Nachr.*, n° 3749.
[2] *Comptes rendus* du 5 janvier 1903.

§ 3. — Météorologie

Sondage de l'atmosphère par les cerfs-volants. — Depuis de nombreuses années, M. Rotch se livre à l'exploration de l'atmosphère à l'aide de cerfs-volants porteurs d'instruments enregistreurs, et, en les lançant à l'Observatoire de Blue Hill, près de Boston, cet auteur a fort contribué à accroître nos connaissances au sujet de l'atmosphère de cette région, jusqu'à la hauteur de 5 kilomètres. De plus, en 1901, il lança des cerfs-volants à partir d'un steamer qui traversait le nord de l'Atlantique et prouva par là, notamment, que les observations peuvent se faire dans des couches d'air élevées sans s'occuper nullement de la vitesse du vent à la surface, vitesse qui doit être sensible si l'on veut voir le cerf-volant s'élever à partir du sol.

Or, on voit généralement que les courants qui s'élèvent de l'équateur thermique se dirigent immédiatement, comme contre-alisés, du S.-O. ou du N.-O. vers les alisés du S.-E. et du N.-E., et que la plus grande partie des contre-alisés descendent à la surface de l'Océan, au N. et au S. des alisés, puis continuent vers les pôles, comme le font les vents régnants du S.-O. et du N.-O. des zones tempérées nord et sud. Mais les mouvements de la poussière volcanique et des nuages supérieurs ne paraissent pas confirmer cette théorie : ils semblent indiquer un fort vent d'Est au-dessus de l'équateur, tournant brusquement, à une latitude de $\pm$ 20°, vers le S.-O et l'Ouest.

Comment élucider cette importante question? Dans une communication faite à l'*Association américaine pour l'Avancement des Sciences*, M. Rotch propose précisément l'emploi du cerf-volant, et sa solution semble très pratique : il cherche des fonds pour équiper un steamer et sonder systématiquement l'atmosphère, des Açores à l'Ascension. D'importants problèmes seraient ainsi élucidés, et nous ne pouvons que souhaiter à l'auteur de trouver les moyens matériels de mettre en œuvre ce projet.

§ 4. — Physique

L'émanation radio-active de l'air atmosphérique. — Les recherches récentes sur la radio-activité de l'air atmosphérique ont abouti, en Allemagne, à la formation d'une Commission spéciale chargée d'étudier cette importante question. Nous empruntons à l'un des Mémoires[1] que cette Commission vient de publier les détails suivants, relatifs à l'origine de l'émanation radio-active renfermée dans l'air du sol.

On se rappelle les expériences de MM. Elster et Geitel, auteurs de ce Mémoire, sur la richesse anormale en émanation radio-active de l'air retiré d'une cave, richesse qui pouvait être due, soit à une puissance jusque-là inconnue de l'air stagnant de former spontanément et d'emmagasiner une émanation pareille, soit à une diffusion de cette dernière par les murs de l'enceinte et le sol. Alors que certains faits semblaient être favorables à l'hypothèse d'une auto-activation, les expériences faites sur un volume d'air considérable, renfermé dans l'intérieur d'une chaudière pendant quelques semaines, ont fait voir qu'il ne s'était pas produit d'accumulation sensible de l'émanation radio-active pendant cet intervalle.

Cette alternative une fois éliminée, il restait à élucider le mécanisme de l'influence que la matière terreuse exerce sur l'air qu'elle renferme. Ici, encore, on était en présence de deux alternatives. Cette activité pouvait, en effet, ou bien être une propriété générale de l'air souterrain, indépendante de la nature spéciale du terrain, ou bien être due à une certaine teneur en matières primairement actives de la substance du sol lui-même. Dans le premier cas, des échantillons d'air de provenance quelconque, pourvu que leur caractère d' « air souterrain » fût bien établi, devaient présenter l'activité d'une façon absolument égale, tandis que, dans la seconde hypothèse, il fallait s'attendre à des différences quantitatives, la possibilité d'une activité égale de substances provenant d'endroits différents étant fort invraisemblable.

Certains faits antérieurement observés venaient appuyer cette dernière alternative. Pour trancher définitivement cette question, les auteurs ont fait des expériences étendues sur des échantillons d'air souterrain d'origines différentes. L'air provenant d'un terrain argileux ou calcaire s'est montré bien moins actif que l'air retiré d'un terrain riche en silice, et de semblables différences ont été constatées suivant la nature du sol dans tous les autres cas soumis à l'essai.

Si ces recherches établissent ainsi à l'évidence l'existence d'une certaine radio-activité propre du sol lui-même (qui adhère aux constituants argileux du sol, dans le cas où celui-ci est traité par des acides dilués), les auteurs ne réussissent toutefois pas à séparer ou à isoler cet agent actif.

L'absorption et la réflexion des sulfures et oxydes métalliques. — Les recherches de MM. Hagen et Rubens[1] sur la réflexion des métaux pour les ondes d'une longueur de 12 μ, et sur leur émission correspondante à $\lambda = 25\ \mu$, ont fait voir que les pouvoirs réflecteurs et les conductivités électriques prennent, pour les grandes longueurs d'onde, une allure parallèle et qu'il existe entre ces deux ordres de phénomènes une relation découlant de la théorie de Maxwell. Les sulfures et les oxydes métalliques, au contraire, ne satisfaisaient point cette relation et montraient des phénomènes essentiellement différents de ceux qu'on observe dans le cas des métaux.

Dans un travail récemment paru dans la *Physikalische Zeitschrift*[2], M. Kœnigsberger entreprend des expériences spéciales sur un grand nombre de sulfures et d'oxydes métalliques, expériences qui non seulement confirment les observations antérieures, mais font voir que les substances étudiées présentent toutes une absorption sélective dans le spectre visible, laquelle décroît rapidement vers l'infra-rouge. En dehors de celle-ci, ces corps offrent également une absorption continue qui se laisse retracer jusqu'à $\lambda = 40\ \mu$ et qui, le plus souvent, est bien plus grande que ne le ferait supposer la relation de Maxwell entre la conductivité et l'absorption. Les différences par rapport aux valeurs correspondant à la règle de Maxwell décroissent à mesure qu'augmente la conductivité de la substance : pour les conductivités élevées, supérieures à 2.10^{-4}, il paraît qu'il y a un point d'inversion, analogue à ce qu'on observe pour les métaux dans le spectre visible. Les coefficients de réfraction, calculés sur la base des données expérimentales, sont en partie d'une grandeur anormale.

§ 5. — Électricité industrielle

Données récentes sur la traction électrique par accumulateurs en Italie. — M. Enrico Bignami a donné à l'*Electrical World* quelques résultats d'exploitation d'une *ligne à traction électrique par accumulateurs de la Compagnie des Chemins de fer Méditerranéens d'Italie*. Les voitures de cette Compagnie ont été présentées à l'Exposition de 1900, et le service satisfaisant de plus d'une année permet de donner de leur valeur pratique des appréciations assez nettes.

Disons tout de suite que le prix de revient est assez élevé pour en interdire la généralisation et surtout l'application aux lignes à grand trafic; mais les lignes où

[1] Voir *Phys. Zeitschr.*, IV, n° 19, p. 522-530, 1er juillet 1903.

[1] Voir la *Revue* du 30 avril 1903.
[2] *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 18, p. 495-499, 15 juin 1903.

les emploie la Compagnie des Chemins de fer Méditerranéens ont un trafic assez réduit : ce sont les lignes Bologne-Modène (36 kilom. 9) et Bologne-San-Felice (42 kilom. 5), avec rampe maximum de 5,5 °/₀.

Les voitures sont de lourds véhicules à deux classes de voyageurs et à bagages, offrant 90 places, dont 64 assises. Elles sont supportées par deux bogies à deux essieux, tous munis de moteurs de 30 chevaux à engrenages. La voiture seule pèse 34 tonnes, l'équipement électrique 4 tonnes, la batterie 12 tonnes. Cette batterie est divisée en 3 groupes, qui peuvent être accouplés en tension ou en quantité. Ces 266 éléments sont répartis dans 12 caisses, placées sous la caisse de la voiture entre les bogies.

Nous n'insisterons pas sur le détail de l'équipement[1] et le mode de commande, bien qu'il convienne de faire remarquer les inconvénients qui s'attachent au couplage de plusieurs groupes de batteries en parallèle, comme on l'a fait ici, attendu que les groupes mis en parallèle n'ont jamais rigoureusement la même tension; il en résulte un échange de courant et une altération rapide des plaques.

Toutefois, dans l'utilisation de ce matériel, on a assez heureusement réalisé l'élimination rapide des éléments avariés sans rendre nécessaire l'interruption du service. Pour cela, les bornes des caisses de batteries aboutissent à un tableau de distribution et de vérification qui permet leur élimination en marche. On ne retire que partiellement les batteries pour les charger; mais on les retire totalement pour l'enlèvement complet des plaques, et il suffit de deux personnes pour les retirer toutes en 10 minutes. L'éclairage de la voiture est assuré par une batterie distincte de 20 éléments.

Les résultats d'exploitation donnés par M. Enrico Bignami sont relatifs au service des voitures depuis le début, c'est-à-dire depuis décembre 1901. Depuis cette date, ces voitures ont parcouru 188.510 kilomètres. Elles ont dû être remorquées deux fois par suite de l'épuisement des batteries. A la vitesse de 35 kilomètres à l'heure, la consommation par tonne kilométrique a été trouvée égale à 12,5 watts-heure.

Or, l'article de M. Bignami signale que la résistance de la voiture au roulement est de 4 kil. 33 par tonne. Il est inadmissible, pourtant, que les pertes absorbent seulement la différence entre 4 kil. 57[2] et 4 kil. 33 par tonne, qui n'est que de 6 °/₀; il est bien probable plutôt qu'elles les dépassent d'au moins 10 °/₀, et les conclusions qui vont suivre ne doivent être admises qu'avec ces réserves.

Quant à la consommation à l'usine, qui est en définitive la plus intéressante, elle est de 104 kilowatts-heure pour chaque charge de batterie, c'est-à-dire pour chaque parcours de 84 kilomètres effectué par une voiture de 52 tonnes 5.

Les tonnes-kilomètres correspondant à 104.000 kilowatts-heure égalent donc 4.410, et, par conséquent, la consommation est, par tonne kilométrique, de

$$\frac{104.000}{4.410} = 23,6 \text{ watts-heure.}$$

Si l'on rapproche cette consommation d'énergie de charge de celle d'énergie à la décharge signalée plus haut (12.510 watts-heures), on conclut que le rendement des batteries serait un peu supérieur à 50 °/₀.

[1] *Electrical World and Engineer*, 27 mai, p. 805, et *Génie civil*, 9 mai 1903.

[2] Tenant compte du fait que le watt-heure égale environ 366 kilogrammètres, cette consommation équivaut à 366 × 12,5 = 4.575 kilogrammètres, de sorte que la résistance par tonne à cette vitesse était de 4.575 kilogs par tonne, chiffre qui doit être réduit, bien entendu, du montant des pertes dans la transformation et la transmission de l'énergie, pertes entre les bornes des moteurs et la jante des roues. Il est vrai que le chiffre 4 kil. 33 s'applique sans doute aux seules voitures motrices, et que la résistance au roulement des remorques est inférieure.

Plus intéressant encore est l'entretien, ainsi que le renouvellement des plaques. Les plaques positives, à oxydes rapportés, suffisent à un parcours moyen de 11.000 kilomètres. Les plaques négatives font un parcours double. Les plaques positives pèsent 3.226 kilogs, les négatives 3.306 kilogs.

Il faut donc, pour 11.000 kilomètres de parcours, 4.879 kilogs de plaques, ce qui, à 0 fr. 65 le kilog, représente une dépense de 3.171 francs. Si l'on en déduit la valeur marchande des plaques usées (en admettant que leur poids est le 70 °/₀ des plaques neuves et leur valeur au kilog 0 fr. 15), on trouve que la dépense effective pour 11.000 kilomètres se réduit à 2.659 francs, soit par kilomètre : 0 fr. 24, et par tonne-kilomètre : 0 fr. 00456.

Quant à l'*entretien*, visite des batteries, électrolyse, réparations, etc., le prix en est, pour la première année, de 0 fr. 12 par kilomètre, soit 0 fr. 00228 par tonne-kilomètre, de sorte que l'analyse des dépenses relatives aux batteries et à la traction proprement dite donne les résultats suivants :

Énergie électrique à 0 fr. 10 le kw-heure.	0 fr. 00236
Renouvellement des plaques	0 fr. 00456
Entretien	0 fr. 00228
Total.	0 fr. 00920

Les autres dépenses, par kilomètre-train (d'environ 52,5 tonnes), sont les suivantes :

Directeur et sous-directeur d'usine, mécanicien	0 fr. 1028
Surveillants à la station	0 fr. 023
Graissage	0 fr. 009
Entretien de l'automotrice	0 fr. 045
Total.	0 fr. 1798

Tous calculs faits, le prix de revient de la traction électrique ressort ainsi à 0,7167 fr. par train-kilomètre, et l'on pourrait le réduire encore en utilisant mieux les voitures et en substituant des positives Planté aux positives à oxydes rapportés; l'auteur estime qu'on pourrait espérer abaisser le prix de la traction électrique à 0 fr. 525; mais il ne tient pas compte du fait que les dépenses d'entretien et de remplacement des plaques augmenteront au fur et à mesure de l'emploi des batteries si toutes leurs plaques n'ont pas déjà été remplacées.

Il est vrai que la traction à vapeur sur la ligne Bologne-San-Felice coûte à ce jour 0 fr. 97 par tonne kilomètre, résultat dû sans doute au prix élevé du charbon et au poids mort encore plus considérable avec la traction à vapeur qu'avec la traction électrique à accumulateurs.

Quoi qu'il en soit, le champ d'application de ce mode de traction paraît être réduit aux lignes à faible trafic et aux trains relativement légers.

Application de l'électricité aux mines et carrières. — L'exploitation des minerais de faible et moyenne dureté se fait de plus en plus au moyen de perforatrices électriques rotatives.

Il en est qui présentent des dispositions intéressantes et que le manque de place seul nous prive d'étudier ici; mais nous citerons quelques traits caractéristiques d'une perforatrice très employée dans les mines et carrières en Allemagne, et que nous n'avons vue encore dans aucune installation française.

Cette perforatrice comporte un moteur électrique d'une puissance de 2 chevaux, construit pour marcher sous une tension de 220 volts aux bornes, avec une vitesse angulaire de 1.500 tours par minute; cette vitesse est réduite à 300 tours par minute pour la tige portant l'outil, à l'aide d'un pignon et d'un engrenage. La tige porte-outil est filetée et tourne dans un écrou serré lui-même par une bague à friction en acier. Le serrage est réglé pour permettre le glissement, au delà d'une limite déterminée de la résistance rencontrée par

l'outil. On voit donc que, tant que l'outil ne rencontre aucun obstacle, l'écrou reste fixe et la tige porte-outil avance dans la roche avec une vitesse réglée par le pas de vis; mais, si l'outil vient à rencontrer une veine plus dure, l'écrou tourne dans la bague, et la vitesse d'avancement est réduite proportionnellement à la dureté de la roche.

L'appareil est monté sur un affût approprié. Le poids du moteur et de l'outil est d'environ 43 kil. 5, poids remarquablement faible pour une puissance relativement considérable du moteur électrique (2 chevaux). Le poids de l'affût est de 25 à 30 kilogs. La mobilité de l'appareil et l'absence de tout impédimentum sérieux s'opposant à ses déplacements le font considérer comme d'un emploi très pratique.

Ajoutons que le rendement obtenu grâce à cette perforatrice est bien supérieur à celui qu'on obtient par les procédés anciens d'exploitation.

§ 6. — Chimie industrielle

Fixation de l'azote atmosphérique. — Le problème de la combinaison, au moyen de l'étincelle électrique, de l'azote et de l'oxygène atmosphériques n'a, en dépit de son importance économique, fait l'objet que de recherches peu importantes.

Dans un Mémoire inséré dans le numéro 17 du *Dingler's Polytechnisches Journal*, M. Rasch appelle l'attention sur le caractère plutôt qualitatif des résultats jusqu'ici obtenus.

Voici les points caractéristiques que présentent toutes les méthodes préconisées jusqu'à ce jour : De l'air atmosphérique étant aspiré à travers un spintéromètre à haute tension, la molécule d'azote Az^2 est détruite à la température élevée de ce dernier et oxydée par l'oxygène présent dans l'air; cette réaction nécessite, pour qu'elle se produise, une dépense d'énergie considérable. Or, étudiant les variations que subit avec la température le coefficient d'équilibre caractéristique de l'état final qui s'établit dans cette réaction, M. Rasch fait voir que le débit en AzO s'accroît rapidement avec la température du foyer de réaction, atteignant à 2.115° une valeur double, à 4.000° une valeur duodécuple de celle qu'on obtient actuellement.

La question qui se présente est de savoir comment on peut réaliser un foyer de réaction capable de donner des températures aussi élevées. Comme l'auteur pense que cette réaction est due à un effet purement thermique, il conseille d'employer comme générateurs de chaleur des résistances chauffées par l'électricité. Les filaments de Nernst, par exemple, donneraient facilement des températures excédant de quelques centaines de degrés celles des micromètres à étincelles et qui correspondraient à un rendement double. Il serait encore plus avantageux d'employer des arcs électriques jaillissant entre des conducteurs du second ordre (sels métalliques, etc.), grâce à une disposition convenable des vases à électrodes et des connexions. On produirait ainsi des températures bien supérieures à celles des arcs à électrodes en charbon et qui donneraient le moyen d'accroître dans des proportions énormes le rendement de ce procédé. A la température des arcs à électrodes de charbon (qui, eux, ne se prêtent pas à l'application en cause, en raison des effets antagonistes réducteurs auxquels ils donnent lieu), on convertirait ainsi 46 % de l'air atmosphérique en oxyde d'azote donnant de l'acide nitrique.

§ 7. — Chimie biologique

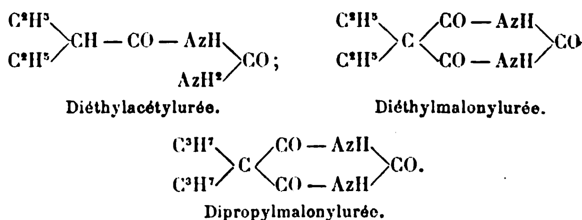
La synthèse des albumines dans l'organisme animal. — On sait que, pendant longtemps, on a attribué aux végétaux seuls le pouvoir d'opérer la synthèse des matières albuminoïdes à partir de matériaux azotés très simplifiés, et notamment à partir d'amino-acides du type de l'asparagine ou de la leucine par exemple. Puis, à mesure que l'on a mieux apprécié l'étendue des opérations synthétiques que l'organisme animal est en mesure d'accomplir, on a cherché à plusieurs reprises à démontrer que des synthèses, tout au moins partielles, des albumines sont possibles chez l'animal. Cette question préoccupe les physiologistes surtout depuis que l'on sait que les matières albuminoïdes peuvent subir, sous l'influence des diastases digestives (pepsine, trypsine, érepsine), une dislocation beaucoup plus profonde qu'on ne l'admettait autrefois.

C'est précisément de ce phénomène qu'est parti M. O. Lœwi[1] pour reprendre l'étude de cette question. Il a soumis du tissu pancréatique à l'autodigestion jusqu'à cessation de la réaction du biuret, c'est-à-dire jusqu'à disparition des matières albuminoïdes; puis, ajoutant aux produits de cette hydrolyse totale des quantités convenables de graisse et d'hydrates de carbone, il en a nourri des chiens préalablement mis en état d'équilibre azoté. Le résultat a été que *la somme de ces produits azotés « abiurétiques » a suffi à la synthèse de l'albumine nécessaire à l'organisme.* L'expérience a montré qu'il y a eu, en même temps, fixation d'acide phosphorique.

L'auteur ne place pas nécessairement le lieu de cette synthèse dans la paroi intestinale ; mais il suppose que le sang contient des « corps fixateurs », dans le sens de la théorie d'Ehrlich, qui cèdent peu à peu leur « charge » aux différents organes et selon les besoins. Pour lui, la majeure partie de l'albumine alimentaire subit cette dislocation profonde, et les fragments résultant de cette protéolyse pénètrent dans la circulation sous la forme de ces combinaisons spéciales.

Une nouvelle classe d'hypnotiques. — L'influence exercée par le groupe éthyle C^2H^5 sur les propriétés hypnotiques des corps organiques a déjà été observée pour plusieurs composés. Ainsi l'hydrate d'amylène ou diméthyléthylcarbinol est hypnotique, tandis que le triméthylcarbinol ne l'est pas. Pareillement le sulfonal, le trional, le tétronal, le sulfonal renversé sont hypnotiques, et, à ce qu'il semble, le trional plus nettement que le sulfonal, tandis que le composé tétraméthylique correspondant, le diméthylsulfonediméthylméthane, ne l'est pas[2].

MM. E. Fischer et von Mering[3] viennent de faire connaître une nouvelle classe d'hypnotiques pour lesquels apparaît également l'influence hypnotique d'un atome de carbone en liaison tertiaire ou quaternaire et chargé de groupes éthyliques. Voici les noms et les formules de ces composés :



Diéthylacétylurée. Diéthylmalonylurée.

Dipropylmalonylurée.

De ces composés, la diéthylacétylurée a un pouvoir hypnotique égal à celui du sulfonal, tandis que la dipropylmalonylurée est environ quatre fois plus puissante et que la diéthylmalonylurée tient le milieu entre les deux autres.

C'est ce dernier corps qui se prête le mieux aux emplois médicaux, pour lesquels on lui a donné le nom de *versonal*. Ce corps se présente en cristaux incolores, à saveur légèrement amère, fusibles à 191°, solubles dans 145 parties d'eau à 20° et dans 12 parties d'eau bouillante.

---

[1] O. Lœwi : *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, t. XLVIII, p. 303.

[2] Voy. Lambling : *Médecine moderne.*

[3] E. Fischer et von Mering : *Therapie der Gegenwart*, mars 1903, et *Therap. Monatsh.*, t. XVII, p. 208.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Explorations dans l'Himalaya et le Karakoroum. — Les hautes chaînes de l'Himalaya et du Karakoroum, qui renferment les montagnes les plus élevées du monde, ont été l'objet, depuis quelques années, d'explorations audacieuses; les plus récentes ont apporté sur ces régions, d'un si difficile accès, des notions nouvelles d'un très grand intérêt au point de vue géographique et au point de vue scientifique. Nous nous proposons d'en donner un aperçu.

Dans l'Himalaya népalais, M. Douglas W. Freshfield, sans tenter de gravir la cime maîtresse, le Gaurisankar ou Everest, haute de 8.840 mètres, qui jusqu'ici a passé pour inaccessible, s'est appliqué, en 1899, à l'exploration scientifique du massif du Kinchinjinga ou Kangchenjunga, dont il n'a pas cherché davantage à atteindre les 8.580 mètres; il était accompagné de M. Garwood, professeur de Géologie à l'University College de Londres, de M. Vittorio Sella, très réputé comme photographe de montagnes, et de quelques autres voyageurs. Après les premiers Rapports sur ce voyage, publiés en 1900, des études scientifiques plus récentes de M. Freshfield et du Professeur Garwood ont fait connaître en détail certaines particularités de leurs découvertes[1].

L'Expédition, partie de Darjeeling, fit le tour complet du massif en escaladant une série de cols de 5.000 à 6.000 mètres; ce trajet dura sept semaines et fut rendu très pénible par le froid et les tourmentes de neige.

Le but que M. Freshfield poursuivait était de combler la lacune que présentent les cartes à la frontière du Tibet, du Sikkim et du Népal. Cette exploration permit à M. Garwood de dresser une carte très complète au 1:125.000, avec 31 cotes d'altitude nouvelles, qui donne une excellente représentation des glaciers du massif.

D'après M. Freshfield, la surface occupée par les glaciers autour du Kinchinjinga atteint 465 kilomètres carrés. Ce chiffre est déjà considérable, et cependant M. Freshfield fait observer que, s'il ne l'est pas davantage, c'est que, en raison de la latitude, les glaciers se trouvent ici localisés dans les hautes vallées; du côté du Sikkim, la glace ne peut se maintenir au-dessous de 3.900 mètres.

Quatre principaux glaciers rayonnent du pic culminant dans diverses directions : au nord-est, le Zemu, (28 kilom. 8 de longueur); au sud-est, le Talung (13 kilom. 2); au nord-ouest, le Kangchen (24 kilom.); au sud-ouest, le Yalung (15 kilom. 6). C'est le Zemu qui descend le plus bas, et il est à noter que, depuis une époque récente, il a reculé de 4 à 5 kilomètres. Cette observation relative au retrait de la glace concorde avec celle faite par Conway dans l'ouest de l'Himalaya.

Les glaciers du massif du Kinchinjinga sont peu crevassés, et les séracs y sont remplacés par de curieux cônes de glace groupés de façon uniforme. Il y a peu de névés et seulement dans le voisinage immédiat des pics. Le glacier transporte des masses énormes de décombres, fait qui s'explique par la dénudation, les écarts considérables de température, la raideur des pentes. Comme toutes les autres régions de l'Himalaya, ce massif ne renferme pas de lacs, mais simplement de très petites nappes d'origine morainique. Il présente, par contre, des exemples typiques de vallées suspendues, c'est-à-dire de vallées latérales dont le fond se trouve à un niveau plus élevé que celui de la vallée principale où elles aboutissent.

A de telles altitudes, l'Expédition a naturellement ressenti les atteintes du mal de montagne, mais à des degrés différents selon les personnes. Les premiers symptômes se manifestaient entre 4.500 et 4.800 mètres, mais le mal ne s'aggravait pas jusqu'à 6.000 mètres. M. Freshfield ne se sentit à aucun moment gravement incommodé par la raréfaction de l'air, et il pense que l'accoutumance progressive peut arriver à réduire peu à peu les effets du mal de montagne.

M. Freshfield a rapporté de ce voyage l'impression qu'il ne serait pas impossible de parvenir au sommet du Kinchinjinga, en observant un certain nombre de conditions. Il lui a semblé aussi qu'il ne serait pas davantage téméraire de songer à atteindre la cime de l'Everest ou Gaurisankar, qu'il a pu voir du haut d'un col, et qui est le premier sommet de la Terre, si vraiment il n'existe pas au nord de ce pic des montagnes plus élevées, comme l'ont pensé quelques voyageurs.

Séparée de l'Himalaya par le cours supérieur de l'Indus, la chaîne du Karakoroum forme l'un des plus puissants reliefs de la Terre. C'est dans le Baltistan ou Petit Thibet que se trouvent les plus hautes montagnes du massif, et notamment la magnifique pyramide du pic K² ou mont Godwin-Austen, la seconde cime du monde, qui, avec ses 8.620 mètres, dépasse toutes celles de l'Himalaya népalais, l'Everest excepté. Le Kinchinjiga vient après le pic K² comme troisième sommet. Les parties les moins facilement accessibles du Baltistan ont été abordées, dans ces dernières années, par plusieurs explorateurs.

Sir Martin Conway avait exploré, en 1892, la région du grand glacier de Baltoro; l'un de ses tributaires, le glacier de Godwin-Austen, ainsi appelé du nom du colonel anglais qui explora la région en 1861, descend du K². Nous rappelons que Conway tenta l'ascension d'un massif arrondi qu'il appela le Trône d'or (7.350 mètres), et qu'il manqua de peu son but, car il atteignit un pic secondaire, qu'il appela pic des Pionniers et auquel il reconnut une altitude de 7015 mètres[1].

A l'ouest du glacier de Baltoro, entre le col de Hispar, au nord, et Askole, dans la vallée de la rivière Braldou, s'étend un autre glacier considérable, celui de Biafo, que dominent des aiguilles et des dômes couverts de neige atteignant jusqu'à 6.500 et 7.000 mètres. Cette région a été parcourue, en 1900, par le Dr W. H. Workman et sa femme, Mme Fanny Bullock-Workman; le guide alpin Mathias Zurbriggen, qui avait fait partie de l'Expédition Conway en 1892, les accompagnait[2].

Les voyageurs montèrent jusqu'au col de Hispar (5.326 mètres), revinrent à Askole, puis, allant explorer plus au sud la chaîne du Skoro-la, entre la vallée de Shigar et le glacier de Biafo, ils gravirent un pic haut de 5.928 mètres, qui reçut le nom de mont Bullock-Workman. Repassant ensuite le Skoro-la (*la* veut dire col), pour gagner la vallée de Shigar, ils allèrent faire l'ascension du Koser Gunge, haut de 6.400 mètres, dont le grand dôme blanc s'élève au nord de cette vallée. La partie neigeuse du massif du Koser Gunge comprend, outre le pic, toute une série sans fin d'arêtes, de pentes et de dômes, qui furent des plus pénibles à parcourir.

Pendant l'été 1902, M. et Mme Workman, accompagnés du Dr Karl Oestreich comme topographe et de deux guides des Alpes, firent une nouvelle campagne un peu plus au sud. Ils remontèrent dans toute sa longueur, à partir d'Arundu, son point d'origine, le grand glacier du Chogo-Lungma, dont l'étendue est de 48 kilomètres. La partie inférieure avait jadis été parcourue par le colonel Godwin-Austen, mais la partie supérieure ne l'avait jamais été. L'un des glaciers tributaires du Chogo-Lungma conduisit les explorateurs au versant nord du mont Haramosh, où ils trouvèrent une haute passe qui pourrait permettre de gagner Gilgit[3].

---

[1] DOUGLAS W. FRESHFIELD : The glaciers of Kangchenjunga (*The Geographical Journal*, avril 1902); Prof. E. J. GARWOOD : Notes on a map of « The glaciers of Kangchenjunga » (*The Geographical Journal*, juillet 1902).

[1] WILLIAM MARTIN CONWAY : Climbing and exploration in the Karakorum-Himalayas. Londres, T. Fisher Unwin, 1894, in-8°; et Supplementary volume of scientific memoranda.

[2] Mme FANNY BULLOCK-WORKMAN : Dans les neiges du Baltistan (*Annuaire du Club Alpin Français*, 1900); du même auteur : In the ice-world of Himalaya, Londres, T. Fisher Unwin, 1901.

[3] *Alpine Journal*, t. XXI, n° 158, novembre 1902; Among the great himalayan glaciers (*The national geographic Magazine*, t. XIII, n° 11, novembre 1902, p. 405).

C'est aussi dans l'été de 1902 qu'une exploration des plus hardies a été tentée dans le haut massif du Karakoroum, par six alpinistes éprouvés : trois Anglais, M. Oscar Eckenstein, qui, en 1892, accompagnait Conway, mais avait dû, pour raison de santé, se séparer de lui à Askole[1], MM. A. Crowley et G. Knowles; deux Autrichiens, les Drs H. Pfannl et B. Wessely, et un Suisse, M. le Dr Jacot-Guillarmod. L'Expédition avait formé le projet de gravir le pic K^2, que les indigènes appellent aussi, d'une façon fort juste, Tschogori, c'est-à-dire le « géant des montagnes ». Le nom de Dapsang, qui lui est quelquefois appliqué, désigne plus exactement l'ensemble du massif. Si le sommet ne put être atteint, cette tentative représente néanmoins un effort considérable, et il devient permis de croire qu'un jour ou l'autre les plus hauts sommets du monde pourront être foulés du pied. En tout cas, cette exploration est intéressante par les constatations scientifiques qu'elle a permis de faire[2].

Partis de Bombay le 21 mars 1902, les voyageurs gagnèrent Srinagar; de là, passant dans la vallée du Dras, par le col du Zoji (Zoji-la), ils arrivèrent à Skardo, sur l'Indus. De Skardo, l'Expédition se rendit à Askole; dans ce parcours, elle eut à franchir un de ces dangereux fleuves de boue, comme on en rencontre parfois dans ces régions, qui sont dus à l'action des eaux de fonte des neiges ou des glaciers sur les moraines ou les terrains d'alluvion situés très haut au-dessus du fond actuel de la vallée.

L'Expédition laissa Askole le 5 juin; elle comptait en tout deux cent trente personnes. Elle atteignit le glacier de Baltoro à un point qui reçut le nom de Paiyu, et qui servit de station de ravitaillement; une habitation y fut de suite construite. Le glacier de Baltoro atteint un développement qui n'est pas moindre de 90 kilomètres.

Les voyageurs s'engagèrent successivement sur le glacier, en trois groupes, à partir du 9 juin. Ils suivirent d'abord la rive gauche ou méridionale du glacier; la quatrième étape les conduisit à travers le Baltoro, sur sa rive droite ou septentrionale, à Lhungka. Le 15 juin, une tempête de sable et de pluie atteignit la caravane; le glacier était crevassé et encombré de moraines branlantes. Depuis son entrée sur le glacier, l'Expédition s'était toujours maintenue au-dessus de 4.000 mètres.

Le 17 juin, on établit le campement à la jonction de deux grands glaciers principaux et d'un certain nombre de glaciers moindres, contribuant à former ensemble le Baltoro. L'un de ces grands glaciers, au nord, est celui de Godwin-Austen qui descend du K^2 et de ses voisins immédiats, dont le seul nommé, le Broad-Peak, dépasse sûrement 8.000 mètres; l'autre grand glacier, venu du Sud, est formé de plusieurs branches. On a comparé ce point de jonction de glaciers à la place de la Concordia, sur le glacier d'Aletsch; mais il la surpasse de beaucoup, tant en étendue qu'en magnificence, grâce à la ceinture de hauts sommets, dépassant tous 8.000 mètres, qui l'entoure.

Tandis que Conway, en 1892, s'était dirigé du côté de l'un des glaciers venus du Sud, le glacier du Trône, MM. Eckenstein, Jacot-Guillarmod et leurs compagnons remontèrent au contraire vers le Nord, par le glacier de Godwin-Austen, vers le K^2. Le premier groupe arriva, le 18 juin, à une sorte de col appelé, sur la carte de Conway, Possible Saddle. Près de là fut établi le dixième campement sur le glacier, à 5.500 mètres; on y demeura trois semaines, d'abord parce que les premiers arrivés durent attendre les autres groupes, puis à cause des mauvais temps.

Contournant ensuite, par une branche orientale du glacier de Godwin-Austen, le massif que domine le K^2, les ascensionnistes purent établir un onzième camp à l'altitude de 6.100 mètres. De là, ils cherchèrent un emplacement pour poster un douzième camp plus haut encore, et, dans une des reconnaissances faites dans ce but, deux d'entre eux, MM. Jacot-Guillarmod et Wessely, s'élevèrent jusqu'aux environs de 7.000 mètres. Malheureusement, le mauvais temps persistant ne permit pas de continuer l'ascension; les tempêtes de neige devinrent si fréquentes et si violentes qu'il fallut redescendre.

Dans cette exploration, ce qu'il y a eu de plus remarquable, ce n'est pas tant le fait de s'être élevé jusqu'à près de 7.000 mètres que la durée prolongée du séjour à de très hautes altitudes. L'Expédition est restée sur le glacier soixante-quinze jours, dont quatre semaines à 6.100 mètres. Cependant, à aucun moment, les voyageurs ne s'étaient trouvés sérieusement incommodés par la raréfaction de l'air; ils ne se plaignaient que d'une légère gêne de respiration quand ils étaient couchés sous leurs tentes, et il suffisait d'en ouvrir la porte pour que l'inconvénient disparût. Ils attribuèrent au régime des conserves l'état d'anémie et de fatigue dans lequel ils se trouvèrent à la longue.

Contrairement à des observations faites sur d'autres points de l'Himalaya et du Karakoroum, le glacier de Baltoro serait dans un état de crue. Le mouvement de ces fleuves de glace est très rapide, et, lorsqu'un glacier latéral se joint à un glacier principal, il s'y produit des chutes continuelles de parties de la moraine frontale, qui rendent le passage très dangereux. Sur un long espace du glacier, les voyageurs remarquèrent une suite de pyramides de glace, hautes parfois de 30 à 40 mètres, qui étaient posées sur le terrain morainique, et se succédaient à intervalles réguliers; c'étaient des débris de blocs provenant d'un glacier surplombant le glacier principal, qui, tombant sur celui-ci, se trouvaient entraînés dans sa marche.

Un fait curieux est que les moraines étalées sur le glacier donnaient asile à une plus grande quantité de plantes que le terrain propre des montagnes, ce qui s'explique par l'humidité due à la glace située au-dessous. C'est ainsi qu'on put recueillir de petites plantes, naturellement fort rabougries, jusqu'à une altitude d'environ 5.000 mètres.

La température présentait, dans ces régions, de très grands écarts. Il n'était pas rare, dit M. Jacot-Guillarmod, d'avoir — 20° centigrades la nuit, et le jour, au soleil, + 40°. L'électricité atmosphérique a été trouvée très faible; les orages sont excessivement rares dans cette zone, et il ne se produit pas de grêle.

L'atmosphère, dépourvue de vapeur d'eau, étant moins dense que dans la plaine, le ciel apparaît, à ces altitudes, d'une grande limpidité. M. Jacot-Guillarmod confirme ce phénomène et dit que la lumière des étoiles paraissait décuplée en intensité, permettant même la lecture d'un journal. Il ajoute même qu'avec une jumelle grossissant seize fois, ou parfois moins, on pouvait voir distinctement les satellites de la planète Jupiter.

En ce qui concerne la géologie, les voyageurs purent constater l'existence du calcaire dans ces hautes régions. A la base même du K^2, on trouve par endroits, recouvrant les rochers granitiques, des traces de roches sédimentaires, représentées par des marbres blancs veinés de bleu.

L'Expédition rencontra de grandes troupes d'ibex, ces antilopes de l'Himalaya, dont quelques-unes comptaient jusqu'à une cinquantaine d'individus; ils étaient de fort grande taille et avaient des cornes splendides. Jusqu'à l'altitude de 5.000 mètres, on remarqua des sortes de corbeaux appelés choucas; les aigles aussi étaient très nombreux. On constata, comme un fait assez singulier, l'existence de souris à 5.000 mètres.

Gustave Regelsperger.

---

[1] Oscar Eckenstein : The Karakorum and Kashmir, an account of a journey. Londres, T. Fisher Unwin, 1896, in-16.

[2] Articles du Dr Jacot-Guillarmod dans *La Suisse libérale*, de Neuchâtel (mai à septembre 1902); Gustave Isely : La Science dans l'Himalaya (*Feuille d'avis de Neuchâtel*, 27 février 1903).

LA PÉRIODE DES TACHES SOLAIRES
ET LES VARIATIONS DES TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES
DE LA TERRE

Il y a longtemps que l'on s'est préoccupé de savoir si les divers phénomènes météorologiques de la Terre, et, en particulier, la température, subissent d'autres variations périodiques que la variation diurne et la variation annuelle, c'est-à-dire les deux périodes de ces phénomènes qui dépendent de la rotation de la Terre sur elle-même et de son mouvement sur l'écliptique.

On peut dire que les travaux des astrologues du Moyen-Age, qui voulaient chercher une relation entre les grandes perturbations climatologiques du Globe et les conjonctions des planètes entre elles et avec le Soleil, et baser sur cette recherche une prédiction du temps, constituèrent un premier effort dans cette voie.

Au XVIIIᵉ siècle encore, et dans la première moitié du XIXᵉ, des savants ont fait, dans le même ordre d'idées, des travaux nombreux dans le but de rechercher si les phénomènes météorologiques ne dépendent pas des positions relatives du Soleil et de la Lune, c'est-à-dire des diverses périodes communes à ces deux astres (période draconitique, période de Saros, période des nœuds, etc.). Ces recherches se ressentaient encore d'une idée ancienne, profondément ancrée dans les croyances populaires (les traditions toujours vivantes sur la Lune Rousse et la Lune Pascale en sont une preuve), à savoir : que la Lune a une action prépondérante sur les climats terrestres.

Des travaux plus modernes et plus rigoureux ont fait justice de cette ancienne croyance; et, s'il est démontré actuellement que la Lune paraît, il est vrai, produire, dans les hautes couches de notre atmosphère, des marées analogues à celles des océans, en revanche il est établi que notre satellite n'a pas d'influence décelable sur les températures du Globe et le climat, et l'on a renoncé définitivement à toute recherche dans ce sens.

I

La question a été portée sur un nouveau terrain depuis que, en 1852, Sabine, Wolf et Gautier ont découvert que les phénomènes divers du magnétisme terrestre subissent dans leur amplitude une période égale à celle des taches solaires.

Peu après, Fritz montra que les aurores boréales subissent une périodicité identique. Dès lors, il était naturel de se demander si tous les autres phénomènes météorologiques ne sont pas soumis également à l'influence des taches du Soleil. (Nous ne parlerons pas ici des tentatives nombreuses et plus ou moins sérieuses qui ont été faites pour trouver des relations entre les taches solaires et les apparitions du choléra asiatique, la famine ou les crises commerciales[1]).

En ce qui concerne la climatologie, le seul résultat à peu près certain établi aujourd'hui, en dehors de la question des températures, est que, comme l'a montré M. Meldrum[2], directeur de l'Observatoire de l'île Maurice, la quantité moyenne de pluie qui tombe annuellement sur la Terre est légèrement plus grande les années de maxima que les années de minima des taches.

On n'a pas encore jusqu'à ce jour donné d'explication de ce fait; or nous pouvons remarquer incidemment que les notions que j'ai développées ici-même, à propos des aurores boréales[3], suffisent à l'expliquer simplement; j'ai montré, en effet, que, les années de maxima des taches, les ondes hertziennes émanées du Soleil provoquent dans notre atmosphère la formation des rayons cathodiques des aurores boréales en plus grande quantité que les années de minima; d'autre part, on sait que les rayons cathodiques favorisent sur leur passage la condensation des vapeurs; il s'ensuit que la vapeur d'eau atmosphérique doit, toutes choses égales d'ailleurs, se condenser plus abondamment sous forme de pluie les années de maxima des taches que les années de minima, ce qui est conforme aux faits établis par M. Meldrum.

L'idée que les taches du Soleil doivent avoir une influence sur les températures terrestres est déjà ancienne : dès 1651, c'est-à-dire peu après la découverte des taches solaires, elle a été émise par Riccioli, et cependant la nature exacte et la gran-

[1] Cette dernière idée n'est, certes, pas absurde, car il est certain que, si les taches solaires ont réellement une influence sensible sur la météorologie terrestre, elles doivent indirectement agir sur les moissons, comme le pensait déjà le grand Herschel. Mais le prix du blé dépend également, et bien plus encore, de circonstances politiques et sociales qui n'ont rien à voir avec la Météorologie.

[2] *Monthly notices* de la Société météorologique de l'île Maurice, décembre 1878.

[3] CH. NORDMANN : Recherches sur le rôle des ondes hertziennes en Astronomie physique. *Rev. gén. des Sciences*, 1er avril 1902.

deur de cette influence sont demeurées jusqu'à ces dernières années complètement ignorées, si bien qu'en 1872 Wolf pouvait écrire encore : « La relation supposée par Herschel entre les taches et la température moyenne du globe reste encore en question [1]. »

Il peut sembler paradoxal que, tandis que les relations entre les taches solaires et les phénomènes du magnétisme terrestre et des aurores boréales ont été découvertes et nettement établies sitôt qu'on a eu l'idée de les rechercher, l'influence exacte des taches sur la température du Globe, quoique soupçonnée depuis bien plus longtemps, n'ait pas encore pu être déterminée. En réalité, ce fait s'explique fort bien par deux ordres de raisons :

1° D'une part, en effet, tandis que la variation undécennale des aurores boréales et des phénomènes magnétiques est telle que leur fréquence ou leur amplitude varie presque du simple au double d'un maximum à un minimum des taches, et se trouve, par suite, facilement décelable, au contraire, comme nous le verrons ci-dessous, l'effet de la période des taches sur les températures terrestres n'est qu'une fraction de degré centigrade, c'est-à-dire d'un ordre de grandeur bien inférieur à celui des variations accidentelles et locales de la température dans nos régions;

2° D'autre part, si les quelques travaux isolés publiés sur ce sujet avant 1872 n'ont fourni que des résultats incertains ou contradictoires, cela tient à ce que les auteurs n'ont, en général, étudié que les données thermométriques isolées de telle ou telle station, au lieu d'employer la seule méthode rationnelle permettant de dégager une influence générale d'origine solaire des variations d'origine purement locale, et qui consiste à étudier concurremment les données d'un grand nombre de stations; cela tient aussi à ce que ces auteurs n'ont pas, comme il eût été indispensable en ces matières, étudié des données s'étendant sur un assez grand nombre d'années, et sur au moins une période complète des taches (certains ont même cru pouvoir tirer des conclusions de l'étude des données d'une seule station et pendant quelques mois seulement); cela tient, enfin, à ce qu'ils ont en général étudié les températures de stations situées dans les régions tempérées du Globe, c'est-à-dire précisément dans celles où les variations locales et accidentelles sont si importantes qu'elles masquent complètement, ainsi que l'a montré Köppen, une variation d'aussi faible amplitude que celle qu'il s'agit de déceler ici.

En 1873, parut le Mémoire bien connu de Köppen, qui, de l'étude rationnelle et combinée des données thermométriques de plusieurs stations pendant la période de 1820 à 1870, conclut à l'existence d'une action des taches solaires se manifestant par une diminution légère de la température terrestre [1]. Depuis l'apparition de ce Mémoire, qui constituait le premier résultat rigoureux dans cette direction, il n'a pas été publié de travail d'ensemble sur ce sujet.

II

J'ai entrepris, sur le bienveillant conseil de M. H. Poincaré, de reprendre, pour ces trente dernières années (1870 à 1900), l'étude de cette importante question ; il m'a paru désirable qu'une lumière définitive fût, si possible, apportée sur ce point dont dépend la théorie d'une foule de problèmes importants, tant de la Physique du Globe que de l'Astronomie physique.

Le travail de Köppen a établi que la courbe des variations des températures moyennes annuelles n'affecte une allure régulière que dans les stations tropicales, et que, pour les régions extérieures aux tropiques, cette courbe devient complètement irrégulière, de telle sorte qu'il n'est plus possible d'y reconnaître une allure périodique quelconque. (On pouvait, en quelque sorte, prévoir ce résultat, car les régions tropicales sont caractérisées par un climat très régulier, tandis que, lorsqu'on se rapproche des pôles et dès qu'on a dépassé les tropiques, les variations accidentelles de la température deviennent très importantes et ont une amplitude énormément plus grande que la faible variation périodique due aux taches solaires; voir le chapitre suivant.)

Je n'ai donc utilisé dans cette étude que les données thermométriques des stations tropicales. Mais, comme c'est surtout dans ces trente dernières années que les observations météorologiques se sont partout répandues et systématisées, j'ai pu utiliser des matériaux beaucoup plus étendus et plus sûrs que ceux dont disposait Köppen : En effet, d'une part, j'ai eu à ma disposition des séries d'observations plus longues, en général, pour chaque station, que celles employées par Köppen, et, tandis que celui-ci avait été obligé d'utiliser certaines séries ne comprenant que six ans d'observations (ce qui pouvait être la source de diverses erreurs), j'ai éliminé toutes les séries qui ne comprenaient pas au moins onze années d'observations, c'est-à-dire la durée moyenne d'une période complète des taches solaires; d'autre part, tandis que Köppen ne possédait que des observations des

[1] *Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie*, t. II, p. 302.

[1] Köppen : *Zeitschrift der österreichische Gesellschaft für Meteorologie*, t. VIII, 1873, p. 241 et 273.

Indes, des Antilles et de l'Amérique tropicale, j'ai pu employer celles d'un plus grand nombre de stations, réparties sur tout le tour du Globe, de sorte que le résultat obtenu peut réellement être considéré comme représentant l'état moyen de toute la portion de la Terre comprise entre les tropiques. Les stations dont j'ai utilisé toutes les observations publiées depuis 1870 sont :

Sierra-Leone; Récife de Pernambuco; Port-au-Prince; Trinité; Jamaïque; la Havane; Manille; Hong-Kong; Zi-Ka-Weï; Batavia; Bombay; îles Rodrigues; île Maurice.

Pour chaque station, on a calculé la déviation de la température de chaque année par rapport à la moyenne générale d'un grand nombre d'années; puis on a fait la « moyenne brute », pour chaque année de 1870 à 1900, de l'ensemble des déviations de toutes les stations.

Le tableau ci-contre synthétise les résultats obtenus. La colonne intitulée *Taches solaires* contient, pour chaque année, les nombres relatifs de taches (nombres de Wolf); la colonne intitulée *Déviations* contient, en regard, les déviations, exprimées en centièmes de degré centigrade, par rapport à la moyenne, et pour chaque année, de la température de toutes les stations. Si a_1 désigne la « moyenne brute » des déviations des températures d'une année donnée A, si a_0 est celle de l'année précédente et a_2 celle de l'année suivante, le nombre de

On a calculé ainsi, par interpolation, les nombres de cette colonne pour donner une allure plus homogène à la courbe des variations et éliminer autant que possible les irrégularités secondaires de cette courbe.

ANNÉES	TACHES SOLAIRES	DÉVIATIONS
1870	139 = maximum.	— 0°22 C. = minimum.
1871	111	— 0.14
1872	101	— 0.07
1873	66	— 0.09
1874	44	— 0.13
1875	17	— 0.12
1876	21	— 0.05
1877	22	+ 0.08
1878	3	+ 0.13
1879	6	+ 0.06
1880	32	+ 0.11
1881	54	+ 0.20
1882	59	+ 0.07
1883	64 = maximum.	— 0.10
1884	63	— 0.21 = minimum.
1885	52	— 0.21
1886	25	— 0.17
1887	13	— 0.21
1888	7	+ 0.13
1889	6	+ 0.15
1890	7	+ 0.06
1891	35	+ 0.04
1892	73	— 0.05
1893	84 = maximum.	— 0.12 = minimum.
1894	78	— 0.05
1895	64	+ 0.07
1896	41	+ 0.20
1897	26	+ 0.25
1898	26	+ 0.19
1899	12	+ 0.18
1900	9	+ 0.25

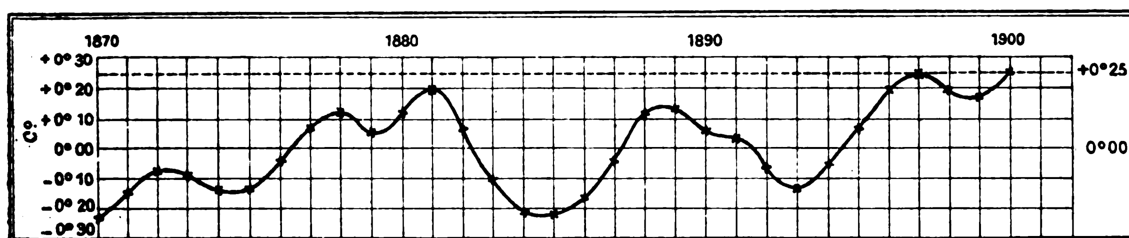


Fig. 1. — *Déviations de la température moyenne annuelle par rapport à la normale.*

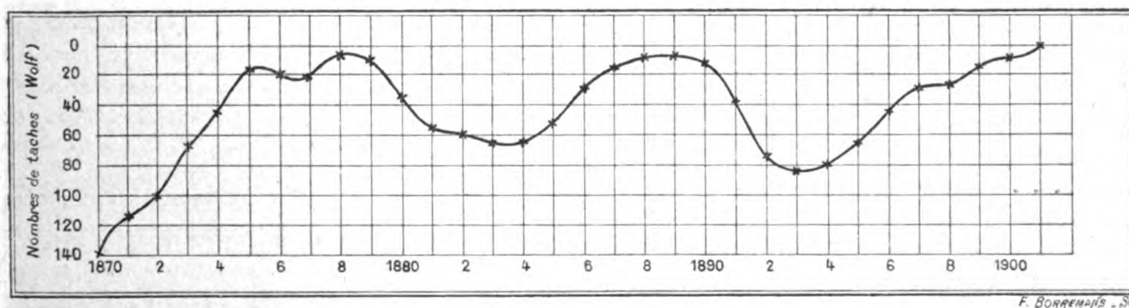


Fig. 2. — *Courbe inversée de la fréquence des taches solaires.*

la colonne « Déviations » correspondant à l'année A est égal à

$$\frac{a_0 + 2a_1 + a_2}{4}.$$

Les courbes des figures 1 et 2 représentent graphiquement ces résultats. La courbe de température a été construite en prenant pour ordonnées les nombres de la colonne « Déviations »; celle des

taches en prenant pour ordonnées les nombres de la colonne « Taches solaires » et en portant ces ordonnées négativement, de façon à figurer l'inverse de la fréquence des taches solaires.

Au premier regard jeté sur ces deux courbes, le parallélisme d'allure apparaît frappant.

Une discussion un peu détaillée va nous montrer que ce parallélisme se poursuit jusque dans les détails :

1° Si nous mettons en regard les dates des maxima et minima respectifs des températures et des taches, tels qu'ils ressortent de ces courbes, nous obtenons le tableau I :

Tableau I. — ***Maxima et minima des températures et des taches.***

MINIMA de température	MAXIMA des taches	MAXIMA de température	MINIMA des taches
1870	1870	1881	1878
1884,5	1883	1889	1889
1893	1893	1900	1901

Comme on le voit par ce tableau, l'accord entre les époques des minima de température et celles des maxima des taches d'une part, et entre celles des maxima de température et celles des minima des taches d'autre part, est très satisfaisant.

2° On sait que, dans la période des taches solaires, l'intervalle entre un minimum et le maximum suivant est plus court que l'intervalle entre ce maximum et le minimum ultérieur; les 2 ½ périodes des taches comprises entre 1870 et 1901 n'échappent pas à cette règle. Or, il est assez remarquable que les 2 ½ périodes correspondantes de la température suivent également cette loi, comme il ressort clairement du tableau II :

Tableau II. — ***Intervalles en années des époques successives des maxima et minima respectifs des deux courbes et des minima aux maxima.***

	1 Max. taches.		2 Min. taches.		3 Max. taches.		4 Min. taches.		5 Max. taches.		6 Min. taches.
Taches. . . .		8		5		6		4		8	
Températures.		11		3,5		4,5		4		7	
	Min. temp. 1		Max. temp. 2		Min. temp. 3		Max. temp. 4		Min. temp. 5		Max. temp. 6

On voit qu'on a pour les taches :

$$\underbrace{2-3} < \underbrace{3-4}; \qquad \underbrace{4-5} < \underbrace{5-6}.$$

et de même pour les températures :

$$\underbrace{2-3} < \underbrace{3-4}; \qquad \underbrace{4-5} < \underbrace{5-6}.$$

De plus, il est remarquable que, pour les températures comme pour les taches, chacun des intervalles $\underbrace{2-3}$ et $\underbrace{4-5}$ est plus petit que chacun des trois autres intervalles $\underbrace{1-2}$, $\underbrace{3-4}$ et $\underbrace{5-6}$, et cela malgré les durées inégales des 2 ½ périodes des taches considérées. On a, en effet, d'une part une demi-période de 8 ans (1870 à 1878), ensuite une période de 11 ans (1878 à 1889), et enfin une période de 12 ans (1889 à 1901).

3° A un autre point de vue, si nous convenons de considérer comme « riches en taches » les années pour lesquelles le nombre relatif de Wolf est > 60, et comme pauvres en taches celles pour lesquelles ce nombre est < 15, nous pouvons former le tableau suivant où nous avons mis, en regard des années ainsi désignées, les déviations correspondantes de la température telles qu'elles ressortent de la courbe.

Années riches en taches.		*Années pauvres en taches.*	
1870.	— 0°22	1878.	+ 0°13
1871.	— 0,14	1879.	+ 0.06
1872.	— 0,07	1887.	— 0,05
1873.	— 0,09	1888.	+ 0,13
1883.	— 0,10	1889.	+ 0,15
1884.	— 0.21	1890.	+ 0,06
1892.	— 0,05	1899.	+ 0,18
1893.	— 0,12	1900.	+ 0.25
1894.	— 0,05		
1895.	+ 0.07		
Moyenne. . .	— 0°10	Moyenne. . .	+ 0°11

Ici encore l'accord est extrêmement satisfaisant et d'accord avec la loi du parallélisme des deux courbes :

4° Considérons maintenant les années des maxima et des minima des taches; pour chacune de ces années, calculons le nombre des taches en prenant la moyenne du nombre de l'année et de la demi-somme de ceux de l'année précédente et de l'année suivante, et (ceci afin d'éliminer les influences secondaires tout en laissant une importance prépondérante à l'année considérée) calculons de même la déviation de la température pour chacune de ces années. (Pour abréger, nous désignerons désormais par $\delta\theta$ la déviation de la température, et par δT le nombre des taches.) Nous obtenons le tableau III :

Tableau III. — ***Maxima et minima des taches.***

ANNÉES	MAXIMA		ANNÉES	MINIMA	
	$\delta\theta$	δT		$\delta\theta$	δT
1870.	— 0°19	129	1878.	+ 0°10	9
1883.	— 0.08	63	1889.	+ 0,12	7
1893.	— 0,08	80	1900.	+ 0,21	5
Moyenne. .	— 0°12		Moyenne. .	+ 0°14	

Il ressort de l'examen de ce tableau que, si l'on compare respectivement entre elles, les diverses valeurs ainsi obtenues de δT et les valeurs changées de signe de $\delta\theta$, on voit, d'une part, pour les années de maxima des taches que ces valeurs varient respectivement dans le même sens et qu'aux valeurs plus ou moins grandes de δT correspondent des valeurs plus ou moins grandes de $-\delta\theta$; d'autre part, pour les années de maxima des taches, le même parallélisme existe entre les valeurs de δT et celles de $-\delta\theta$. Ainsi, par exemple, au maximum maximorum de δT correspond le minimum minimorum de $\delta\theta$ et *vice versa*, ce qui ressortait d'ailleurs immédiatement de l'examen des courbes.

Ici encore nous voyons que les deux courbes se suivent jusque dans les détails.

5° Enfin, nous pouvons faire le calcul suivant,

TABLEAU IV. — ***Intégrales de la courbe des températures et de la courbe inversée des taches.***

PÉRIODES		$\int_{t_2}^{t_1}\delta\theta$	$\int_{t_2}^{t_1}\delta T$	$\dfrac{\int_{t_2}^{t_1}\delta T}{\int_{t_2}^{t_1}\delta\theta}$
$t_1 = 1870$, $t_2 = 1881$	1/2 période de θ.	297	567	0,52
$t_1 = 1881$, $t_2 = 1889$	1 période de θ. .	216	492	0,44
$t_1 = 1889$, $t_2 = 1900$	1 période de θ. .	167	300	0,55
	Moyenne			$0,5 \pm 0,06$

qui résume et renferme implicitement la plupart des résultats de la discussion précédente. Considérons les $2\,{}^1/_2$ périodes de la courbe des températures, en prenant cette fois, comme origine des ordonnées, l'ordonnée marquée $+0°25$, et en comptant positivement les ordonnées dans le sens négatif; si nous continuons à employer le symbole $\delta\theta$ pour désigner les diverses ordonnées de cette courbe ainsi considérée, on voit que $\delta\theta$ représente en quelque sorte ici, pour chaque année (et toutes choses égales d'ailleurs), la différence entre ce que serait la température de l'année s'il n'y avait pas de taches, et ce qu'elle est en réalité (l'ordonnée marquée $+0,25$ correspond, en effet, à l'année 1900, où le nombre des taches fut très voisin de 0). Faisons maintenant la moyenne des ordonnées de la portion de cette courbe correspondant à la première demi-période (1870 à 1881) et multiplions cette moyenne par le nombre des années de cette demi-période, ce qui revient en somme à prendre l'intégrale de la courbe entre 1870 et 1881; prenons de même l'intégrale de la courbe pour la période de 1881 à 1889, puis pour la période de 1889 à 1900; prenons, enfin, les intégrales de 1870 à 1881, de 1881 à 1889 et de 1889 à 1900 de la courbe inversée des taches, les ordonnées étant prises également positivement dans le sens négatif, à partir de l'ordonnée : nombre de taches $= 0$ [1].

Nous obtenons ainsi une double série de 3 nombres, que reproduit le tableau IV, avec, en regard, les valeurs correspondantes du rapport :

$$\frac{\int\delta\theta}{\int\delta T}.$$

On a donc :

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2}\delta\theta}{\int_{t_1}^{t_2}\delta T} = 0,5 \pm 0,06 = \text{constante (sensiblement)}.$$

Il y a donc une proportionnalité remarquablement constante entre le nombre total des taches solaires et la somme des diminutions des températures annuelles par l'effet des taches, pendant chacune des périodes successives de la courbe des températures.

6° De la constance du rapport précédent, il semble résulter que l'on peut assigner en quelque sorte, au point de vue de l'effet des taches sur les températures terrestres, une signification physique moyenne à ces unités arbitraires que sont les « nombres de Wolf »; nous venons de voir en effet, que, sensiblement :

1 (nombre de Wolf) correspond à $0°,01 \times 0,5 = 0°,005$ C.

Nous pouvons, en définitive, énoncer la loi suivante, qui est bien conforme à ce qu'avait annoncé Köppen :

La température terrestre moyenne subit une période égale à celle des taches du Soleil; l'effet des taches est de diminuer la température terrestre moyenne, c'est-à-dire que la courbe qui représente les variations de celle-ci est parallèle à la courbe inversée de la fréquence des taches solaires[2].

III

On peut se demander jusqu'à quel point la théorie permettait de prévoir le résultat précédent.

On sait que les taches rayonnent moins de chaleur que la photosphère du Soleil (à surface égale) : cela résulte de l'étude de leur spectre, qui présente une absorption générale marquée par rapport au spectre de la photosphère; cela résulte égale-

[1] Pour la courbe des températures, on a pris comme unité le centième de degré centigrade.

[2] Nous avons déduit cette loi de la discussion des données des régions tropicales, qui, seules, présentent un régime suffisamment régulier pour pouvoir y déceler une variation d'aussi faible amplitude; il semble qu'on peut légitimement l'appliquer à toute la surface du Globe, car on ne conçoit pas comment une variation du rayonnement solaire pourrait produire certains effets sur la température de la moitié de la surface de la Terre sans agir de même sur le reste.

ment des travaux bolométriques de M. Langley, qui ont établi que le noyau d'une tache émet environ 54 % seulement, soit la moitié de la chaleur émise par un élément égal de la photosphère adjacente; d'autre part, lors du maximum des taches, l'épaisseur de la couche absorbante de la chromosphère est augmentée, ce qui tend encore à diminuer davantage le rayonnement du Soleil; il est vrai qu'en revanche, lors du maximum des taches, il y a un plus grand nombre de facules, et on sait que ces facules rayonnent plus de chaleur que la photosphère. L'effet des facules tend donc à balancer celui de la chromosphère; supposons, dans une première approximation, que ces deux effets se compensent, et que seule, par suite, l'influence des taches intervienne.

D'après les recherches de Zenker[1], basées sur plusieurs méthodes diverses et concordantes, la température moyenne de la surface terrestre serait — 73°, si le rayonnement solaire n'existait pas. Or, cette température moyenne étant environ + 15°[2], il s'ensuit que l'effet du rayonnement solaire est une augmentation de 88°.

D'autre part, la surface moyenne couverte par les taches solaires lors d'un maximum d'activité pendant toute une année ne dépasse guère $\frac{1}{100}$ de la surface totale du disque. Il s'ensuit que le rayonnement est, en moyenne, diminué alors de $\frac{1}{200}$ environ, ce qui doit se traduire par une diminution de température grossièrement égale à :

$$\frac{88^\circ}{200} = 0^\circ,44 \text{ C.}$$

Or, si l'on se reporte aux courbes ci-dessus, on voit que tel est précisément, et à très peu près, l'ordre de grandeur des différences observées entre les températures moyennes des années de minima et celles des années de maxima des taches[1].

Ch. Nordmann,
Docteur ès sciences,
Astronome à l'Observatoire de Nice.

[1] *Thermischer Aufbau der Klimate.* Halle (Leipzig), 1895.
[2] HANN : *Klimatologie.* Stuttgart, 1897.

LA TÉLÉGRAPHIE PAR RAYONS ÉLECTRIQUES

Les perfectionnements qu'on a réalisés pendant ces dernières années dans la télégraphie par les ondes électriques avaient pour principal objet d'étendre le plus possible la portée des communications.

Peut-être est-ce en raison des succès peu à peu obtenus dans cette voie spéciale que l'on a négligé de considérer les phénomènes qui se passent dans le milieu compris entre deux stations, et d'aplanir les difficultés inhérentes jusqu'à ce jour à ce côté du nouveau système de télégraphie.

Les difficultés principales sont les suivantes :

1° Les télégrammes se propagent de la station transmettrice dans toutes les directions de l'horizon : une télégraphie secrète est impossible;

2° La station réceptrice enregistrant des signaux provenant de toutes les régions, les communications régulières entre deux stations peuvent être troublées et même rendues impossibles — abstraction faite des perturbations atmosphériques;

3° Enfin, on ne peut déterminer la direction d'arrivée des télégrammes enregistrés à une station réceptrice.

Ces difficultés sont théoriquement liées aux antennes, c'est-à-dire à ces fils de renforcement que l'on dresse en l'air, et qui rendent impropre le nom de télégraphie sans fil attribué à la télégraphie par ondes électriques.

C'est par un autre moyen de renforcement que j'ai essayé de remédier aux inconvénients qui sont liés à l'usage des antennes[2] et j'y suis arrivé de la façon suivante.

I

J'ai eu recours, pour l'expédition des ondulations électriques, à l'emploi de lentilles formées d'une substance dont la constante diélectrique est assez grande, par exemple la résine, le verre, la paraffine, etc. Il est particulièrement intéressant et important pour la pratique de faire remarquer que les dimensions de ces lentilles ne doivent pas être bien grandes par rapport aux longueurs des ondes électriques; je l'ai vérifié par de nombreuses expériences et j'ai réussi à envoyer des télégrammes à une distance de plus d'un kilomètre avec des lentilles d'un diamètre de 80 centimètres, des ondes d'une longueur de 20 centimètres et d'une énergie primaire de moins d'un kilowatt.

En ce qui concerne les générateurs et les révéla-

[1] Je me permets d'adresser ici mes respectueux remerciements à M. Mascart, qui a bien voulu mettre à ma disposition pour ce travail la bibliothèque du Bureau Central météorologique, et à M. Angot, dont les bienveillants conseils m'ont été précieux.

[2] J'ai fait connaître cette invention, brévetée dans la plupart des pays industriels, par une communication au Congrès des naturalistes allemands à Carlsbad; la *Revue* en a déjà donné un résumé.

teurs de la radiation électrique, je n'ai apporté aucune modification aux appareils usités jusqu'à ce jour. La caractéristique du nouveau système (fig. 1) est qu'il n'est pas fait usage d'antennes et que les générateurs *t* et les révélateurs *a* sont renfermés dans des chambres métalliques *u*, *b*, portant enchâssées dans leur paroi les lentilles *v*, *c* mentionnées ci-dessus. Les ondes électriques ne peuvent ainsi passer qu'à travers les lentilles, qui les concentrent et les dirigent.

L'énergie électrique produite par les appareils générateurs *t* reste en totalité suivant l'axe de la lentille *v* et peut mettre en action les révélateurs *a* à une distance plus grande. Cet effet s'accentue pour cette raison qu'à la station réceptrice les rayons électriques, avant d'arriver au révélateur placé au foyer de la lentille, doivent traverser une lentille semblable *c*.

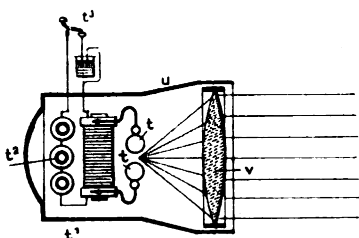


Fig. 1. — *Schéma de l'appareil pour la télégraphie par rayons électriques.* — *u*, chambre du transmetteur; *t*, *t*, générateurs; *t*², capacités; *t*³, interrupteur de Wehnelt; *v*, lentille; *b*, chambre des récepteurs; *c*, lentille; *a*, révélateurs.

Par ce procédé, les ondes électriques ne se propagent qu'entre les deux stations qui sont en communication et possèdent les propriétés des rayons. La station transmettrice ressemble ainsi à un projecteur et la station réceptrice à un œil. C'est donc à bon droit qu'on peut nommer le nouveau système : *télégraphie par rayons électriques*. Dans ce système, les huit stations communiquantes se voient et peuvent être réunies par une ligne droite, quand il s'agit d'une communication directe. Le brouillard n'est pas un obstacle à la propagation des rayons électriques, ce qui donne au système une supériorité sur toutes les méthodes optiques de télégraphie et en particulier sur la soi-disant téléphonie sans fil, où l'on fait usage de rayons de lumière et du sélénium comme révélateur.

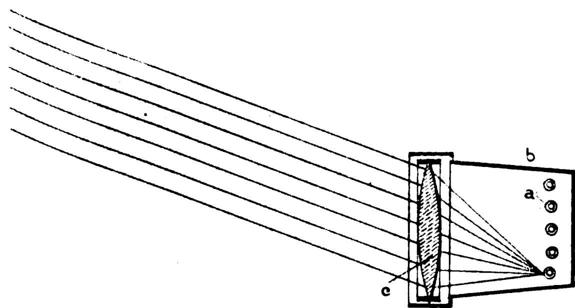


Fig. 2. — *Marche des rayons arrivant obliquement sur l'appareil récepteur.* — Mêmes lettres que dans la figure 1.

Ajoutons qu'en intercalant des stations avec relais, par lesquelles les dépêches sont transmises automatiquement, on peut accroître à volonté la distance, à la condition qu'il soit possible de trouver des postes propices à l'installation de semblables stations. On peut ainsi correspondre au delà d'une montagne, soit en passant par-dessus, soit en la contournant, et cela sans faire usage d'antennes. Toutefois, rien n'empêche de faire aussi usage d'antennes, puisque, dans mon système, on emploie les mêmes appareils transmetteur et récepteur que dans les autres systèmes connus.

L'emploi des antennes conviendra quand on voudra envoyer des dépêches dans toutes les directions ou à des distances très grandes. Le déclanchement des antennes suffira pour rétablir les avantages spéciaux du nouveau système : secret et réception régulière sans perturbations.

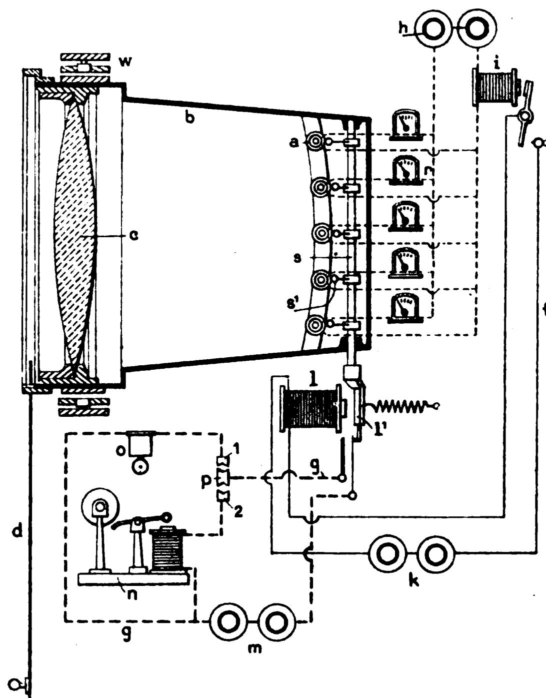


Fig. 3. — *Détails de l'appareil récepteur.* — *b*, chambre réceptrice; *c*, lentille; *a*, révélateur; *r*, dispositif indiquant le révélateur qui a été actionné; *h*, *k*, *m*, piles; *i*, *l*, électro-aimants; *n*, appareil enregistreur; *s*, bras portant les marteaux *s*¹ pour décohérer les révélateurs, actionné par le mouvement de l'armature *l*'; *o*, sonnerie indiquant l'arrivée d'un signal.

II

Enfin, il faut insister sur un avantage particulier du nouveau système : il permet de fixer exactement la direction des rayons qui arrivent à la station réceptrice. Les rayons parallèles à l'axe de la lentille se réunissent au foyer et activent un révélateur qui y est placé. Quant aux rayons dont la direction ne coïncide pas avec l'axe de la lentille, ils ne vont pas au foyer (fig. 2); et, si leur obliquité est assez grande, ils laissent insensible le révélateur qui y est installé; toutefois, ils peuvent mettre en activité des révélateurs installés au nouveau point de concentration des rayons. Par conséquent, en augmentant le nombre des révélateurs dans la cabane de la station réceptrice, on mettra en rapport électrique la région située devant la lentille de cette cabane avec une certaine surface de l'intérieur; on voit l'analogie avec la rétine d'un œil humain qui donne l'image des objets placés devant lui. Les expériences ont prouvé qu'on peut déterminer la direction des rayons électriques avec une approximation de quelques degrés. Ajoutons qu'il n'est pas nécessaire d'enfermer les appareils récepteurs complets dans la cabane du poste, mais seulement les révélateurs *a* (fig. 3) en leur adjoignant un dispositif *r* qui fera connaître celui d'entre eux qui a été actionné.

De tout ceci, il résulte la possibilité capitale de déterminer l'emplacement d'un navire dans le brouillard, en supposant seulement qu'il se trouve à la portée de *deux* stations de la côte. Les qualités importantes du nouveau système font supposer que prochainement il sera établi sur toutes les côtes dangereuses, surtout aux embouchures des fleuves et à l'entrée des ports. Au point de vue de l'extension de la télégraphie par rayons électriques, il n'est pas douteux que, par la multiplicité des stations installées suivant les systèmes sans dirigeabilité, il arrivera bientôt que les communications régulières aux points très fréquentés par des navires deviendront impossibles en raison de la perturbation apportée par le croisement incessant des télégrammes[1].

Dr R. Blochmann,
Ingénieur à Kiel.

[1] La communication que j'ai faite au Congrès international d'Electricité à Paris, en août 1900, sur la dirigeabilité des appareils pour la télégraphie par « ondes électriques », n'avait pour objet que les appareils de ces systèmes qui font usage d'antennes et d'ondes électriques communes, seuls connus à cette époque. (Voir *Revue gén. des Sciences*, 12e année, n° 3, 15 février 1901, p. 131.)

A PROPOS DE LA THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL

Bergman a qualifié le fer de polymorphe, il y a un siècle; nous disons maintenant qu'il subit des transformations allotropiques. M. Guillaume, donnant de nouvelles extensions et de nouveaux appuis à des idées émises par M. H. Le Chatelier et M. Osmond, vient de démontrer que toutes les anomalies des aciers au nickel ont pour cause cette remarquable propriété du fer[1]. C'est pour l'histoire de ces aciers un pas en avant dont il importe de mesurer l'importance; pour la première fois, toutes leurs propriétés, si particulières qu'elles ont pu être qualifiées d'anomalies, se groupent sans exception en un seul faisceau, parce qu'elles deviennent des manifestations diverses d'un phénomène unique, la transformation allotropique du fer.

Cette orientation précise est de la plus grande utilité au moment où la complexité des problèmes auxquels donne lieu l'étude de ces aciers apparaît de plus en plus. Il ne suffit pas de classer les faits connus assez méthodiquement pour qu'ils puissent être embrassés facilement dans leur ensemble; le champ qui reste encore à explorer est immense; il importe donc beaucoup de préparer des bases pour les recherches ultérieures. L'exposé de M. Guillaume abonde en interprétations ingénieuses, qui jettent une vive lumière sur tous les résultats acquis, et qui, quoique laissant encore dans l'obscurité certains côtés des questions abordées, d'où la nécessité de les compléter et peut-être de les reviser partiellement, mettent en évidence des faits importants restés jusque-là dans l'ombre.

Il faut avoir eu à s'orienter dans le dédale des propriétés des aciers au nickel pour comprendre toute l'utilité des vues théoriques auxquelles les études de ces aciers ont donné l'essor; seules, les hypothèses se rattachant à la théorie allotropique ont pu y mettre de l'ordre. Les idées émises par M. Guillaume dans le cours et particulièrement à la fin de son exposé ne peuvent manquer de suggérer de nouveaux rapprochements, de provoquer de nouvelles recherches. Je vais donner connaissance de quelques réflexions que j'ai faites en lisant le Mémoire de M. Guillaume; elles s'ajou-

[1] Voyez Ch. Ed. Guillaume : La théorie des aciers au nickel, dans la *Revue générale des Sciences* de 15 et 30 juillet 1903, t. XIV, pages 705 et 764.

teront utilement, je l'espère, aux considérations qui leur ont donné naissance.

Ces réflexions auront pour point de départ les propriétés mécaniques des aciers au nickel, c'est-à-dire la limite d'élasticité, la résistance à la rupture, l'allongement à la rupture, la fragilité au choc, propriétés de beaucoup les plus importantes pour le métallurgiste; car c'est dans le domaine restreint du métallurgiste que je désire me cantonner le plus possible, ne pouvant pas suivre M. Guillaume dans tous les domaines de la Physique où nous conduit son magistral exposé.

I. — Transformations allotropiques irréversible et réversible.

Les expériences fondamentales de J. Hopkinson et de MM. H. Le Chatelier, Osmond et Guillaume ont établi que les variations des propriétés mécaniques des aciers au nickel ont pour cause principale les variations d'état allotropique de ces aciers; d'où la nécessité de donner, dans l'étude des propriétés des aciers au nickel, la première place aux transformations allotropiques, en Métallurgie comme en Physique. Lorsque nous avons pris ces transformations allotropiques comme objet de nos recherches aux aciéries d'Imphy, il était acquis, grâce aux travaux antérieurs des savants que je viens de citer, que la transformation est irréversible si la teneur en nickel de l'acier n'est pas supérieure à 25 °/₀, et qu'elle est réversible si cette teneur est plus élevée. Nous avons montré, en étudiant les transformations qui se produisent aux températures inférieures à la température ordinaire, que ces deux types de transformations ne sont pas deux allures différentes d'un même phénomène, mais bien deux phénomènes distincts, qui se produisent successivement dans le même acier à des températures différentes.

Il est maintenant généralement admis, conformément à l'avis émis par M. Osmond [1], que la transformation irréversible des aciers au nickel, comme celle des aciers au manganèse et celle de certains aciers au carbone, est une transformation allotropique du fer contenu dans ces aciers. C'est par analogie que j'ai proposé [2] de considérer la transformation réversible, qui ne se produit que dans les aciers au nickel, comme une transformation allotropique du nickel contenu dans ces aciers. On comprend que la transformation du nickel puisse faire apparaître le magnétisme au refroidissement sans avoir pour conséquence aucune modification notable des propriétés mécaniques, contrairement à ce qui se produit lorsque l'apparition du magnétisme a pour cause la transformation irréversible du fer.

[1] *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 532, mars 1894.
[2] *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1311, 14 mai 1900.

II. — Caractères distinctifs des deux transformations.

J'ai été amené à cette idée — l'exposé de M. Guillaume a démontré qu'elle ne donne pas une interprétation complète de tous les faits; il faut admettre qu'une certaine proportion de fer se transforme en même temps que le nickel — par des recherches ayant pour but de mettre en évidence les caractères distinctifs de ces deux transformations. M. Guillaume, au contraire, a été amené à rechercher les caractères qui les rapprochent. Ce sont deux points de vue différents, tous deux intéressants.

Parallèlement au tableau des caractères qui rapprochent ces deux transformations, dressé par M. Guillaume, il n'est pas inutile d'en dresser un des caractères qui les distinguent :

TRANSFORMATION IRRÉVERSIBLE	TRANSFORMATION RÉVERSIBLE
Grande modification des propriétés mécaniques.	Pas de modification des propriétés mécaniques.
Modification rapide du volume.	Pas de modification rapide du volume.
Grande modification de structure.	Pas de modification de structure.
Le manganèse et le carbone, associé ou non au chrome, abaissent les points de transformation encore plus que le nickel.	Le manganèse et le carbone sont sans action sur la position des points de transformation.

Je vais entrer dans quelques détails au sujet des manifestations de la transformation dite irréversible que je viens d'énumérer; ce que j'ai à en dire contribuera peut-être à mettre sur la voie les recherches ultérieures dont ces deux phénomènes, encore très mystérieux, seront l'objet.

Il n'est pas inutile de remarquer que, au point de vue où je me suis placé, la conclusion à laquelle M. Guillaume a été amené est tout à fait équivalente à celle que j'ai proposée, puisque la transformation réversible du fer est une transformation qui ne se produit que sous l'influence du nickel, et en même temps que celle de ce métal.

III. — Modification des propriétés mécaniques.

Soumettons comparativement à un essai à la traction deux éprouvettes d'acier au nickel, prélevées, l'une dans un acier qui a subi la transformation avec toute son intensité, par exemple un acier à 16 °/₀ de nickel, l'autre dans un acier qui ne l'a pas subie, par exemple un acier à 28 °/₀, et observons comment ces aciers se comportent. Le

premier ne se déforme que dans une seule région, celle où se produit la rupture; la plus grande partie de l'éprouvette reste intacte, brillante comme au sortir du tournage. Le second subit une déformation préliminaire, dans toute l'étendue de l'éprouvette, déformation générale qui précède celle de la région où se produit la rupture. Il y a donc lieu de distinguer, dans la déformation de ce dernier acier, deux phases, dont une seule, la seconde, a son analogue dans la déformation du premier acier. Voici des résultats obtenus aux aciéries d'Imphy, à l'essai à la traction, avec des aciers de ces deux types :

	1er TYPE	2e TYPE
Teneur en nickel	16 °/o	28 °/o
Limite d'élasticité	107 kg	32,1 kg
Résistance à la rupture	123 —	57,8 —
Allongement à la rupture	6,7 °/o	34 °/o

La limite d'élasticité du premier acier est relativement voisine de sa résistance à la rupture; elle en est les 87/100, tandis que celle du second acier n'est que les 55/100 de sa résistance à la rupture; c'est ce qui explique pourquoi, avant la déformation qui entraîne la rupture, ce dernier subit une déformation préliminaire pendant laquelle la limite d'élasticité se relève. La région qui se déforme la première sous la traction cesse bientôt de s'allonger, parce que sa limite d'élasticité se relève; c'est une autre région qui se déforme à son tour, et ainsi de suite, sur toute l'étendue de l'éprouvette, même dans les têtes malgré leur diamètre plus fort.

Cette période de déformation est un véritable écrouissage, et c'est seulement lorsque cet écrouissage est entièrement réalisé que l'éprouvette se rompt dans des conditions presque identiques à celles de la rupture du premier acier. Il suffit, en effet, pour que cet acier se rompe sans déformation préliminaire, de l'écrouir au préalable, par exemple par un étirage à la filière. Dans ce cas, le résultat de l'essai à la traction est le suivant :

Teneur en nickel	28 °/o
Limite d'élasticité	92 kg
Résistance à la rupture	92 —
Allongement à la rupture	11,7 °/o

La limite d'élasticité est si proche de la résistance à la rupture qu'il n'a pas été possible de les distinguer. L'écrouissage dans la filière a fait perdre à l'acier la propriété de subir une déformation préliminaire, de sorte qu'il se rompt dans les mêmes conditions que l'acier à 16 °/o de nickel qui a subi la transformation irréversible. On voit que cette transformation et l'écrouissage ont tous deux pour effet de relever la limite d'élasticité et de la rapprocher de la résistance à la rupture, qui est elle-même relevée.

L'effet produit par la transformation apparaît encore mieux si l'on compare des résultats d'essais à la traction obtenus avec des barrettes prélevées dans la même barre d'acier et soumises à divers traitements. Voici des résultats d'essais d'un acier non magnétique à 23 °/o de nickel, carburé et chromé : la première éprouvette a été simplement trempée; la seconde a été trempée, puis refroidie dans la neige carbonique à —78°; la troisième trempée, puis étirée, et la quatrième trempée, étirée, puis refroidie à —78°. Les résultats ont été les suivants :

	LIMITE d'élasticité	RÉSISTANCE à la rupture	ALLONGEMENT à la rupture
1re éprouvette	30,9 kg	71,8 kg	35 °/o
2e —	102,6 —	137 —	20.3
3e —	129,5 —	139 —	13,3
4e —	141,5 —	149,5 —	12,7

La seconde éprouvette, transformée par refroidissement, accuse un relèvement de la limite d'élasticité de 30,9 à 102 kilogrammes, et la troisième, écrouie par un étirage à la filière, montre un relèvement analogue, qui amène la limite d'élasticité à 129 kil. 5, soit des relèvements de 71 kil. 7 et 98 kil. 6. Les deux traitements combinés ne donnent, pour la quatrième éprouvette, que 141 kil. 5; donc leurs effets ne s'additionnent pas.

D'autre part, il est facile de démontrer que la transformation se produit à température moins basse lorsque l'acier a été écroui, c'est-à-dire que l'écrouissage facilite la transformation.

Il résulte de ces divers rapprochements que la transformation allotropique irréversible et l'écrouissage sont des phénomènes du même ordre, à peu près équivalents dans certains de leurs effets.

IV. — Modification rapide du volume.

Une des manifestations les plus caractéristiques de la transformation irréversible, qu'elle se produise dans un acier non magnétique ou déjà magnétique par un commencement de transformation restée réversible, c'est qu'elle est toujours accompagnée d'une modification rapide du volume qui se produit en sens inverse de celui qui résulte de la loi générale de la dilatation des corps, c'est-à-dire d'une augmentation du volume au refroidissement. L'effet d'écrouissage, que nous venons de constater comme une des manifestations de cette transformation, se produit en même temps que cette augmentation de volume; n'est-il pas permis d'en conclure qu'elle correspond à une augmentation du volume des molécules, qui a pour conséquence un écrouissage intérieur? On s'expliquerait ainsi qu'elles aient perdu la faculté de glisser les unes sur les autres.

On peut se figurer (ce n'est évidemment qu'une image) que, lorsqu'on ajoute progressivement du nickel à du fer pur, l'effet produit est le suivant : pendant une première période, les molécules de nickel s'intercalent entre les molécules de fer, et les compriment de plus en plus à mesure que la proportion de nickel augmente, d'où le relèvement progressif de la limite d'élasticité qui est constaté, c'est-à-dire un écrouissage de plus en plus intense. Mais une seconde période commence lorsque la teneur en nickel atteint 20 %, teneur à partir de laquelle le fer contenu dans l'acier passe progressivement à un autre état allotropique; le volume des molécules diminue, la pression à laquelle elles sont soumises se détend, la ductilité reparaît et devient même plus grande que celle du fer pur.

V. — Modification de structure.

Les études métallographiques fournissent aussi des arguments à l'appui de ces considérations. Je signalerai notamment l'observation faite par M. Guillaume sur un échantillon d'acier à 30 % de nickel, à surface polie, qu'il a transformé partiellement par refroidissement dans l'air liquide. Les parties transformées font saillie par rapport à la surface primitive, sous forme de cristaux ténus qui ont pris naissance avec augmentation de volume[1], c'est-à-dire, semble-t-il, en comprimant les régions qui les avoisinent.

La modification rapide du volume et la modification des propriétés mécaniques paraissent liées inséparablement.

D'autre part, la concordance parfaite des modifications de la structure et des modifications des propriétés mécaniques vient d'être définitivement établie par M. Guillet[2], qui a repris, en leur donnant un grand développement, les études métallographiques faites antérieurement par M. Osmond[3]. On comprend que la texture martensitique, à cristaux enchevêtrés, des aciers qui ont subi la transformation irréversible corresponde à des limites d'élasticité très élevées et à une ductilité très faible, tandis que la structure polyédrique de ceux qui ne l'ont pas subie correspond à des limites d'élasticité très basses et à une grande ductilité.

VI. — Influence du carbone et du manganèse.

Le carbone, accompagné ou non de chrome, et le manganèse peuvent être substitués à tout ou partie du nickel sans que l'allure du phénomène de la transformation irréversible soit modifiée. Nous avons fait, à ce sujet, de nombreuses constatations[1]. Il y a, notamment au point de vue des modifications des propriétés mécaniques produites par la transformation irréversible, équivalence presque complète entre les actions du nickel, du manganèse et du carbone, à la condition, cependant, que ce dernier élément existe dans l'acier à l'état dissous, ce qui est le cas général en présence d'une forte proportion de nickel ou de manganèse, surtout si du chrome est adjoint au nickel.

Il en résulte que les manifestations de la transformation irréversible peuvent être étudiées sur des aciers au nickel carburés, chromés et manganésés, encore plus facilement que sur des aciers ne contenant que du fer et du nickel. En effet, à des teneurs en nickel comprises entre 20 et 25 %, les premiers sont non magnétiques à la température ordinaire, tandis que les seconds sont magnétiques quelle que soit leur teneur en nickel. Dans un acier non magnétique, à 23 % de nickel, comme celui que je viens de prendre pour exemple, l'apparition du magnétisme coïncide rigoureusement avec les modifications des propriétés mécaniques. Il n'en est plus de même aux teneurs en nickel supérieures à 26 %, puisque, même en présence d'une certaine proportion de carbone, de chrome ou de manganèse, la transformation réversible se produit à une température plus élevée que la température ordinaire. La position des points de transformation réversible ne dépend guère que de la teneur en nickel.

VII. — Effet des traitements physiques sur la position du point de transformation magnétique irréversible au refroidissement.

Les manifestations du phénomène de la transformation irréversible, telles que je viens de les décrire, sont celles qu'on observe lorsque les aciers au nickel n'ont subi aucun traitement physique après le forgeage ou le laminage, c'est-à-dire lorsqu'ils n'ont été ni déformés à froid, ni trempés, ni recuits. Il résulte de nos recherches que les traitements physiques modifient parfois considérablement la marche du phénomène de la transformation irréversible.

L'hystérèse de température, qui donne à la transformation irréversible son caractère particulier, se traduit par des retards à la transformation dont l'importance dépasse, je crois, celle d'aucun des retards analogues connus : 600 degrés et même plus pour certains aciers au nickel ou au

[1] Le phénomène avait déjà été décrit par M. Osmond dans *The Metallographist*, octobre 1899.
[2] *Bull. de la Soc. d'Encourag.*, t. CIV, p. 658, mai 1903.
[3] Experiments on alloys of iron and nickel. *Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1899.

[1] *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 42, juin 1899.

manganèse. J'ai montré[1] qu'on peut obtenir, en utilisant l'influence des traitements physiques, une destruction partielle du faux équilibre qui résulte du retard à la transformation; l'effet produit par ces traitements est un relèvement très considérable, jusqu'à 300 degrés, du point de transformation magnétique au refroidissement, qui est ainsi amené à peu de distance du point de transformation à l'échauffement, parfois 25 degrés seulement.

La modification d'équilibre moléculaire, que j'ai qualifiée de destruction de faux équilibre, rappelle le retour rapide à l'équilibre normal qui suit la surfusion ou la sursaturation; l'analogie n'est cependant pas très étroite, car le rapprochement des points de transformation magnétique n'implique pas le relèvement pur et simple du point de transformation irréversible au refroidissement, c'est-à-dire de la température à laquelle se produisent toutes les manifestations de cette transformation allotropique, notamment la modification des propriétés mécaniques. Ainsi, l'acier au nickel carburé et chromé, dit NC4 (23 °/₀ environ de nickel, 0,8 °/₀ de carbone, 2,5 °/₀ de chrome), n'ayant subi aucun traitement après le forgeage et le laminage, reste non magnétique, c'est-à-dire non transformé, lorsqu'il est plongé dans l'air liquide. Il devient, cependant, nettement magnétique à la température ordinaire lorsqu'il est soumis à un recuit prolongé à haute température (au moins une heure entre 800 et 900°); mais ce recuit, loin de produire la modification des propriétés mécaniques qui correspond à l'apparition du magnétisme sous l'influence du refroidissement, abaisse, au contraire, considérablement la limite d'élasticité au lieu de la relever. Une constatation analogue a été faite par MM. Charpy et Grenet[2]; ils ont observé qu'aucune modification notable du coefficient de dilatation ne se produit à la température où apparaît le magnétisme dans les aciers au nickel écrouis.

Il faut donc admettre que, dans les aciers qui ont subi des traitements physiques, l'apparition du magnétisme au refroidissement devance celle des autres propriétés caractéristiques de la transformation irréversible.

Nous savions déjà que, même dans les aciers n'ayant subi aucun traitement, la transformation irréversible se produit progressivement et par étapes; l'état moléculaire passe, avant l'arrivée à l'état définitif, par une succession d'états intermédiaires dont chacun jouit de propriétés particulières. M. Guillaume l'a constaté le premier en observant la marche de la modification rapide du volume au refroidissement[1]. J'ai signalé l'analogie de cette transformation moléculaire avec celle que produit l'écrouissage, sous l'influence duquel on voit la limite d'élasticité se relever par bonds successifs. Le glissement des molécules les unes sur les autres pendant l'écrouissage se produit avec les allures d'un phénomène de frottement — résistance plus forte au départ et arrêts intermédiaires —; il en est de même pour le mouvement moléculaire résultant de la transformation irréversible. On ne doit, par conséquent, pas être surpris de constater une sorte d'échelonnement dans l'apparition des modifications de propriétés par lesquelles se manifeste la transformation irréversible, lorsque les aciers ont subi des traitements physiques; c'est une conséquence de la propriété que possèdent les aciers au nickel d'exister à des états d'équilibre moléculaire ou à des états allotropiques très variés.

Nous retiendrons surtout, parmi ces constatations, la suivante :

L'apparition du magnétisme n'est pas liée très étroitement à la modification des propriétés mécaniques, tandis qu'elle paraît bien liée à la modification rapide du volume et à la modification de structure.

VIII. — Conclusion.

Il est ainsi établi que le fer contenu dans les aciers au nickel peut, dans certains cas, devenir magnétique sans subir l'écrouissage intérieur qui accompagne généralement l'apparition du magnétisme dans la transformation irréversible. On remarquera que cette constatation vient à l'appui des ingénieuses interprétations de M. Guillaume, car elle permet de comprendre comment une partie du fer contenu dans l'acier peut passer à l'état magnétique pendant la transformation réversible, sans entraîner aucun relèvement notable de la limite d'élasticité.

Cette constatation est, d'ailleurs, d'accord avec les théories de M. Osmond, qui distingue la transformation du fer γ en fer α, — c'est l'apparition du magnétisme, — et la transformation de ce même fer en fer β, — c'est le relèvement de la limite d'élasticité.

La structure martensitique, résultant de la transformation irréversible, correspond toujours, d'après M. Guillet, au relèvement de la limite d'élasticité: elle est donc l'indice de la formation d'un mélange ou d'une dissolution mutuelle de fers α et β. La structure polyédrique correspond toujours, d'après le même auteur, à une limite d'élasticité basse; elle

[1] L. Dumas : *Recherches sur les aciers au nickel à hautes teneurs*, p. 78.

[2] *Bulletin de la Société d'Encouragement*, t. CIV, p. 503, avril 1903.

[1] *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1898, p. 273.

exclut donc l'existence d'une proportion de fer β, mais non celle d'une proportion de fer α, quoiqu'elle ne la mette pas en évidence. M. Guillaume imagine ce fer α produit sous forme de cristaux précipités dans un milieu constitué principalement par du fer γ en dissolution mutuelle avec le nickel; il faut reconnaître que cette hypothèse s'adapte merveilleusement à tous les faits. Il suffit, pour expliquer pourquoi ces cristaux ne sont pas mis en évidence par la métallographie, d'admettre qu'ils sont trop petits et trop disséminés.

Convient-il d'attribuer exclusivement au fer β l'augmentation rapide de volume caractéristique de la transformation irréversible, et d'admettre que la transformation de la partie du fer γ qui devient du fer α peut, dans certains cas, devenir réversible et devancer beaucoup celle de la partie qui devient du fer β? Des recherches nouvelles l'établiront peut-être.

La théorie allotropique, c'est-à-dire la théorie qui attribue aux transformations allotropiques du fer une influence prépondérante sur les propriétés des aciers, a trouvé dans les travaux de M. Guillaume un nouvel appui. Une fois de plus, elle a réussi à interpréter les résultats des découvertes nouvelles et à former un tout de l'ensemble extrêmement complexe des faits connus.

Il est permis d'espérer beaucoup d'une théorie aussi féconde.

L. Dumas,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

REVUE ANNUELLE DE GÉOLOGIE

I. — Ouvrages didactiques.

Rien ne permet de faire mieux toucher du doigt les progrès d'une science que la comparaison d'éditions successives d'ouvrages didactiques soigneusement mises à jour par les auteurs. C'est ainsi que la publication d'une édition nouvelle d'un livre aussi élémentaire que l'est l'*Abrégé de Géologie* de M. de Lapparent[1] permet au lecteur attentif de se rendre compte du chemin parcouru dans les études géologiques au cours des dernières années. On reconnaît une évolution complète jusque dans le mode d'exposition. De descriptif et analytique qu'il était, l'enseignement est devenu synthétique et narratif. Comme nos connaissances ne se bornent plus à un certain nombre de régions classiques, et qu'elles s'étendent à presque toute la surface de la Terre, les reconstitutions paléogéographiques ont acquis un degré de vraisemblance suffisant pour être présentées même à des débutants, et le résumé de l'histoire des périodes géologiques peut, dans un cadre méthodique, succinct, mais relativement complet, faire rentrer des notions de détail, empruntées aux régions les plus diverses, qui concourent à donner de chaque époque une vue d'ensemble particulièrement vivante. C'est ce qu'a réalisé M. de Lapparent dans son nouvel « Abrégé », qui contribuera, au moins autant que les autres ouvrages de l'auteur, à répandre dans notre pays le goût de la Géologie.

Une lacune mainte fois ressentie par nos étudiants est l'absence d'un manuel élémentaire de Pétrographie écrit en langue française. Cette lacune vient d'être comblée, dans une certaine mesure, par la publication d'une traduction de l'ouvrage anglais bien connu d'Alfred Harker[1]. Quoique l'auteur ait adopté un groupement génétique des roches en plutoniennes, hypabyssales, volcaniques, sédimentaires et métamorphiques, on peut regretter que, dans son livre, le côté géologique soit trop souvent sacrifié au côté purement minéralogique. On voit dans cette tendance un souvenir d'un temps où la Pétrographie était traitée comme une science purement descriptive et où l'étude microscopique d'une roche remplaçait presque entièrement l'étude sur le terrain. Aujourd'hui, les conditions de gisement sont moins négligées et les caractères chimiques tirés de l'analyse en bloc tendent à passer au premier plan. De ces préoccupations de la Pétrographie moderne, nous ne voyons que peu de traces dans l'ouvrage de Harker. Ainsi, il n'y est même pas fait allusion à la question si attachante de la différenciation des magmas éruptifs. D'autre part, on y trouve bien, pour chaque série de roches, une copieuse énumération des types principaux, — choisis avec une excessive prédilection parmi les types anglais, — mais on y chercherait en vain des données sur leur âge et sur leurs conditions de gisement.

Dans les grandes lignes, la classification adoptée est celle de l'École allemande, basée sur les conditions génétiques; mais, dans chaque grand groupe, les divers types de roches sont rangés en familles,

[1] A. de Lapparent: *Abrégé de Géologie*, 5e édit., 1 vol. in-18, 424 p. Paris, Masson, 1903.

[1] Alfred Harker: *Pétrographie, introduction à l'étude des roches au moyen du microscope*, traduit de l'anglais par O. Chemin. 1 vol. in-8°, 458 p., 77 fig. Paris, Ch. Béranger, 1902.

fondées en premier lieu sur la composition minéralogique, et en dernier sur la composition chimique. L'auteur réunit avec raison sous un même nom, dans la série des roches volcaniques, les roches de la série ancienne et de la série récente; mais c'est évidemment à tort qu'il reproche aux pétrographes français de distinguer par des noms différents les roches correspondantes de chacune de ces séries. Le traducteur aurait rendu un grand service à ses lecteurs en donnant, en appendice à l'ouvrage, la classification qui a été élaborée par le Comité français de nomenclature des roches; l'injustice du reproche adressé par M. Harker à la manière de comprendre chez nous la classification des roches volcaniques apparaîtrait ainsi du premier coup.

Je me ferais un reproche de ne pas mentionner au moins, à cette place, un ouvrage de bonne vulgarisation qui, mieux que ne le font d'ordinaire des publications similaires, remplira son but de faire aimer du grand public la science mise à sa portée. Aucune œuvre ne pouvait mieux faire connaître le côté attrayant de la Géologie que le luxueux volume publié, l'année dernière, par la librairie Larousse sous le titre suivant : « *Géologie pittoresque. La Terre, ses aspects, sa structure, son évolution*[1] », par Aug. Robin. On y trouve la collection la plus riche, la plus heureusement choisie de photographies représentant les aspects les plus variés de la surface terrestre. Le géologue de profession éprouvera une véritable jouissance à feuilleter cet ouvrage; le profane y puisera les plus précieux enseignements. Le photographe amateur admirera la beauté des clichés et la perfection du tirage des simili-gravures. Tout le monde louera les éditeurs d'avoir doté la littérature d'un ouvrage aussi utile.

II. — Les phénomènes volcaniques.

La série de désastres successifs qui, à partir du mois de mai de l'année dernière, se sont abattus sur la partie septentrionale de la Martinique, a donné à l'étude des phénomènes volcaniques une nouvelle impulsion ou, tout au moins, un regain d'actualité. Il ne peut être question encore de résumer succinctement les résultats obtenus par l'observation systématique des éruptions de la Montagne Pelée au cours des Missions organisées en vue de cette étude. Il convient d'attendre la publication détaillée des travaux de ces Missions. Mais un certain nombre de Mémoires intéressant le volcanisme ont paru dans le courant de l'année, et, comme quelques-uns d'entre eux jettent un jour nouveau sur les plus imposantes manifestations de la dynamique interne, il est tout naturel que l'analyse de ces travaux occupe la première place de cette revue annuelle.

§ 1. — La différenciation des magmas.

La théorie de la différenciation des magmas éruptifs, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler à plusieurs reprises dans ces revues annuelles, part de l'hypothèse initiale que le globe terrestre aurait été primitivement fondu en totalité et homogène. L'hétérogénéité actuelle des produits éruptifs serait due ensuite à des séparations spontanées, qui se seraient faites dans le magma originel sous l'influence des inégalités de température. La différenciation progresserait incessamment, le magma fondu général se scindant de plus en plus et les magmas partiels se divisant à leur tour en magmas de second, de troisième ordre, etc.

M. Fouqué, le doyen vénéré des pétrographes français, a soumis cette théorie à des critiques[1] auxquelles sa haute compétence donne un poids tout particulier. Il s'élève d'abord contre l'application de la méthode des analyses en bloc aux *roches plutoniques*, qui, depuis leur consolidation, ont été le plus souvent soumises à des actions métamorphiques intenses, qui en ont profondément modifié la composition première, de sorte que les considérations que l'on pourrait tirer de l'analyse chimique sont, dans ce cas, dépourvues de toute autorité. Dans le cas des *roches volcaniques*, par contre, la liaison entre la roche consolidée et le magma fondu dont elle provient peut être suivie pas à pas. Nous voyons ces roches se former sous nos yeux dans la Nature et la plupart d'entre elles ont été reproduites expérimentalement dans nos laboratoires. Les modifications produites par la cristallisation ne changent guère la composition du tout. Il est donc légitime de baser des considérations relatives au magma initial sur l'analyse en bloc. M. Fouqué soumet à la discussion une longue série d'analyses de roches volcaniques de Santorin et d'Auvergne, faites par lui-même ou par ses élèves, et cette discussion l'amène à formuler les plus grandes réserves sur la théorie de la différenciation.

Tout d'abord, M. Fouqué rejette l'hypothèse d'un magma primitif unique et homogène, l'homogénéité primordiale étant inconciliable avec les données que nous fournit l'analyse spectrale sur la composition des astres et l'explication d'une homogénéité due à un brassage général des éléments primordiaux étant en contradiction avec ce que l'on sait

[1] 1 vol. gr. in-4°, 330 p., 3 cartes en couleurs, 760 reproductions photographiques (24 hors texte), 53 tableaux de fossiles caractéristiques, 158 dessins. Paris, librairie Larousse, 1902.

[1] F. Fouqué : Les analyses en bloc et leur interprétation. *Bull. Soc. franç. de Minéral.*, t. XXV, p. 278-359, 11 décembre 1902.

de la rigidité des parties centrales de la Terre et la viscosité de la matière fondue sous-jacente à son écorce.

Une certaine différenciation dans un magma liquide ne peut être niée, car, dès que commence une cristallisation de minéraux différents au sein d'un tel magma, ces minéraux tendent immédiatement à se séparer, en vertu de la diversité de leurs poids spécifiques; les moins denses remontent à la surface, les plus denses s'enfoncent, malgré la viscosité du milieu ambiant qui s'oppose à leurs mouvements; mais il ne peuvent descendre beaucoup au-dessous de leur position initiale, sans quoi ils seraient promptement redissous sous l'action de la température plus élevée qu'ils rencontreraient.

On a admis souvent que, dans un même magma, sous l'influence du refroidissement, il y a accumulation de produits basiques vers la surface extérieure de l'amas fondu et rejet de matériaux acides dans les parties plus profondes et plus chaudes. Cette théorie est souvent contredite par les faits, et, d'autre part, si elle peut rendre compte, de même que la précédente, de transferts verticaux ou de dépôts de cristaux régulièrement stratifiés parallèlement à la surface de refroidissement, elle ne peut donner aucune idée de la cause des localisations dans le sens tangentiel.

Certains auteurs ont aussi pensé que, conformément au principe de Soret, des différenciations peuvent s'opérer dans les mêmes milieux sous l'influence des inégalités de température; mais les résultats des expériences de laboratoire ne seraient, d'après M. Fouqué, pas encore assez décisifs à cet égard.

Il est difficile d'expliquer par la différenciation la localisation des massifs éruptifs et leur très inégale distribution. Chacun a son individualité propre, avec des liens de parenté — ou, comme disent les Américains, de « consanguinité » — qui e rattachent à d'autres foyers, tantôt contigus, antôt situés à de grandes distances.

« Comment supposer[1] que, d'un même magma fondu, certains composés chimiques aussi rapprochés les uns des autres que le sont, par exemple, les bases alcalines et alcalino terreuses, aient pu s'échapper en sens divers, circuler souterrainement et s'accumuler localement dans des districts souvent fort écartés entre eux? Pourquoi la soude serait-elle venue se concentrer dans le bassin de Christiania et dans les Kaménis de Santorin, la potasse au Vésuve ou dans quelques autres volcans isolés, la chaux et la magnésie à l'Etna et dans les volcans basaltiques? Et, dans une même région, les localisations ne sont-elles pas presque toujours tout aussi accentuées? Dans le groupe du Mont-Dore, par exemple, aucun phénomène de différenciation ne peut rendre compte de la séparation de types aussi tranchés que les andésites, les phonolithes et les basaltes, quelque voisins et enchevêtrés que soient les gisements de ces roches. A plus forte raison, la même difficulté se présente-t-elle lorsqu'il s'agit d'évents très éloignés les uns des autres. La viscosité très grande des silicates fondus semble bien être un obstacle invincible aux voyages en sens divers que l'on a imaginés comme ayant affecté les éléments intégrants de leur magma originel. »

Tous les pétrographes partisans de la théorie de la différenciation ont admis que les éruptions de composition différente se produisent suivant un ordre déterminé; mais, là encore, les divers auteurs sont arrivés aux résultats les plus contradictoires. On oublie aussi trop souvent que les phénomènes endomorphiques et les actions dues aux minéralisateurs ont certainement amené de fréquentes modifications dans la composition chimique des venues éruptives.

Contre la théorie de la différenciation, M. Fouqué invoque encore l'identité des roches volcaniques des anciennes périodes géologiques, des temps paléozoïques, en particulier, avec celles des époques récentes, à partir des temps tertiaires. On sait que certains porphyres sont à peu près identiques à nos dacites et à nos rhyolithes, que les différents types de porphyrites reproduisent presque exactement les andésites, que les mélaphyres et les basaltes correspondent aux laves basaltiques. Les différences disparaissent complètement lorsque l'on tient compte de l'action des minéralisateurs et des altérations atmosphériques.

M. Fouqué est donc amené aux conclusions suivantes :

« 1° L'hétérogénéité du globe terrestre est primordiale, aussi bien dans le sens tangentiel que dans le sens radial; elle n'a pas dû subir, avec le temps, de modifications considérables. La production des cristallisations, ainsi que les mouvements lents et limités occasionnés par la différence entre les densités des cristaux formés et celle du milieu visqueux qui les tient en suspension, sont les seules causes efficaces des déplacements sensibles;

« 2° La théorie de la différenciation, prise dans toute sa pleine extension, avec le caractère que les pétrographes modernes lui ont attribué, donne prise à des objections graves, pour ne pas dire à des impossibilités;

« 3° Ou bien elle repose sur des conceptions purement gratuites; ou bien les faits de détail invoqués en sa faveur sont incertains ou susceptibles d'autres interprétations plus vraisemblables. »

[1] F. Fouqué : *loc. cit.*, p. 354.

Ces conclusions, plutôt négatives, peuvent être heureusement complétées par celles, plus positives, auxquelles M. Michel-Lévy[1] s'est trouvé conduit dès 1897 et qu'il rappelle et complète à l'occasion d'une récente étude chimique des magmas éruptifs. Le savant directeur du Service de la Carte géologique distingue deux magmas fondamentaux, susceptibles d'une définition vraiment précise et doués d'une individualité vivante : le magma ferro-magnésien, le magma alcalin.

Les roches éruptives qui correspondent au magma ferro-magnésien sont les péridotites, roches dont on reproduit les principaux types par fusion ignée, et qui passent aux diabases, également de fusion ignée. A ces types granitoïdes correspondent les basaltes, seules roches terrestres à fer natif. La comparaison de ces roches avec les météorites s'impose; elle a suggéré à Daubrée son hypothèse sur la scorie universelle en grande profondeur.

A l'autre extrémité, on trouve les magmas purement alcalins, composés de quantités variables d'alcalis, d'alumine et de silice. Les syénites leucitiques et éléolithiques, les granites pegmatoïdes, les aplites, les pegmatites en sont les types granitoïdes exclusifs. Ils ont pour correspondants volcaniques les rhyolithes, les trachytes, les phonolithes, etc. Aucun type de fusion n'y apparaît et l'intervention des fumerolles y est évidente.

Le magma ferro-magnésien paraît bien jouer le rôle de scorie ignée, tandis que les produits des fumerolles alcalines, alumineuses et siliceuses, essentiellement mobiles et susceptibles d'injections subtiles, semblent destinés à être entraînés à la façon des solutions liquides ou même des gaz volatils.

Est-ce à dire que l'on doive envisager comme *primitifs* ces deux magmas, si distincts dans leur manière de se comporter? Il semble que ce serait aller trop loin et qu'il est plus conforme aux faits d'expérience de supposer une différenciation des parties fluides alcalines et des parties lourdes basiques par simple rochage. Chacun des magmas suivrait ensuite ses voies propres en modifiant sa composition par des actions endomorphes, suivant la nature des roches traversées.

§ 2. — Les émissions gazeuses.

A l'occasion de la réunion à Karlsbad de la Société des Naturalistes et Médecins allemands, M. Suess a fait sur les sources thermales une conférence pleine de vues intéressantes, qui jetteront un jour nouveau sur le volcanisme, qui heurteront probablement beaucoup d'idées encore fortement enracinées et qui, en tout cas, marqueront un acheminement vers une conception plus rationnelle de certains phénomènes.

De nombreux géologues admettent encore que toutes les eaux minérales ne sont autre chose que des résurgeances d'eaux de surface descendues par infiltration à de grandes profondeurs, où elles ont pris une température élevée et se sont chargées de substances empruntées aux roches qu'elles ont traversées. Si l'origine superficielle est admissible pour un certain nombre de sources, que M. Suess qualifie de « vadeuses », celles de Karlsbad ne sont certainement pas dans ce cas, car leur teneur en sels alcalins ne peut pas provenir des granites qu'elles ont traversés. Ce sont incontestablement des sources « hypogènes », c'est-à-dire originaires des couches mêmes de l'écorce terrestre dont elles ont conservé la température.

Beaucoup de ces sources hypogènes sont remarquables par les variations à courte période de leur débit, qui constituent une sorte de pulsation. L'exemple le plus connu de ce phénomène est fourni par les geysers.

On sait que certains volcans présentent également des variations périodiques dans leur activité, tel le fameux Stromboli. Dans les éruptions du Vésuve, on a observé aussi des poussées rythmiques de la matière incandescente. L'analogie est frappante entre la pulsation des sources hypogènes et celle des volcans; dans l'un et l'autre cas, la cause doit en être cherchée dans l'émission de gaz provenant de la profondeur, et ces gaz ne peuvent pas résulter de la vaporisation d'eaux d'infiltration d'origine marine, car on ne s'expliquerait pas leur richesse en acide carbonique. La haute température des gaz émis par les cratères volcaniques au moment des éruptions indique leur provenance d'une zone où la température est égale ou supérieure au point de fusion de la plupart des roches.

M. Seuss[1] pense que les émissions de gaz qui caractérisent encore aujourd'hui les régions volcaniques sont la continuation d'un phénomène qui remonte à l'époque où la Terre commençait à se solidifier.

Les émanations les plus chaudes sont les *fumerolles sèches*. Elles renferment du chlore, du fluor, du bore, du phosphore, du bismuth, de l'étain, etc. Elles donnent naissance, dans les fissures de l'écorce terrestre, à des produits de sublimation, tels que le bioxyde d'étain.

Les *fumerolles sulfurées* sont moins chaudes.

[1] Michel-Lévy : Contribution à l'étude des magmas chimiques dans les principales séries volcaniques françaises. Application à la nouvelle classification quantitative américaine. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 92, 1903.

[1] E. Suess : Ueber heisse Quellen. *Verh. d. Gesellsch. deutscher Naturf. u. Aertzte.* Vers. zu Karlsbad, 1902, p. 133-151. Reproduit dans *Geographical Journ.*, vol. XX, n° 5, novembre 1902, p. 517-522.

Elles sont riches en soufre, sélénium, arsenic, antimoine, plomb, cuivre, zinc. Comme elles renferment de l'eau, leurs produits sont stratifiés, concrétionnés, les plus solubles étant formés en dernier lieu.

Les *fumerolles alcalines* sont les moins chaudes; elles sont souvent très riches en chlorure de sodium et renferment de grandes quantités d'eau et d'acide carbonique. Ce dernier gaz ne fait, d'ailleurs, nullement défaut dans les deux catégories précédentes. Ces émissions sont hypogènes comme les autres. En profondeur, elles déposent de la silice, plus haut de l'aragonite, qui peut former des veines dans le granite et dont la présence ne s'explique donc pas par sécrétion latérale. Les sels alcalins sont trop solubles pour se déposer en route; ils sont entraînés à la surface. Le grand éloignement de la mer, que présentent beaucoup de sources alcalines, montre bien que l'infiltration des eaux marines n'est pour rien dans l'origine de ces sources.

Ces trois catégories d'émanations gazeuses correspondent, comme l'a depuis longtemps montré Charles Sainte-Claire Deville, à trois phases successives de l'activité d'un volcan. Les sources thermales ne sont, pour la plupart, que des produits de la dernière phase. Les sources de Karlsbad sont, sans doute, en relation avec la zone basaltique du Nord de la Bohême. Elles apportent à la surface, dans le cours d'une année, plus d'un million de kilogs de sels alcalins. Ces sels ne sont pas d'origine marine. De même, les volcans n'ont pas été alimentés par infiltration d'eau marine; c'est, au contraire, la masse des mers qui se trouve accrue par chaque éruption. La mer n'est pas le producteur, elle est le consommateur du sel.

M. Suess conclut dans les termes suivants :

« Les plus chaudes fumerolles sèches, qui forment des dépôts de minerais par sublimation; les pluies d'acide chlorhydrique du Vésuve et le sel des mines d'Altensalza; les vapeurs ardentes qui, récemment, ont brûlé les corps des infortunées victimes de la Martinique sans mettre le feu à leurs vêtements, et les eaux minérales chaudes qui jaillissent sous nos yeux (à Karlsbad) sont les termes d'une même série indivisible de phénomènes. La Terre émet encore des gaz, suivant un processus qui peut être comparé à ce que nous observons dans les taches du Soleil, ou dans chaque masse d'acier en voie de refroidissement. »

Les nuées ardentes, telles que celle qui, le 8 mai 1902, détruisit Saint-Pierre, sont produites, d'après M. Lacroix[1], qui put observer de près ce genre d'éruption d'octobre à février, « par une projection, dans une direction plongeante, de gaz et de vapeurs, entraînant une énorme quantité de cendres et de blocs ».

La température de ces émanations est très élevée; M. Lacroix[1] a pu établir qu'un nuage ardent, à son arrivée au voisinage de la mer, avait encore une température inférieure à 230°, mais certainement supérieure à 125°.

Quant à leur composition, elle peut être déduite de celle des fumerolles du bord du cratère, dont M. Lacroix a pu prélever des échantillons qui ont été analysés par M. Moissan. Les gaz représentés sont, abstraction faite de la vapeur d'eau, les suivants, dans l'ordre décroissant de leurs quantités : acide carbonique, hydrogène, méthane, azote, oxyde de carbone, argon.

M. Armand Gautier a tiré de ces analyses des considérations générales du plus grand intérêt[2], qu'il est intéressant de résumer ici, ne fût-ce que pour les rapprocher de celles de M. Suess.

Aux proportions près, ces gaz sont les mêmes que ceux que M. Armand Gautier a obtenus en chauffant dans le vide, à la température du rouge naissant, diverses roches cristallines anciennes. D'autre part, l'illustre chimiste a pu établir qu'une chaleur de 500 à 600°, appliquée aux granites, aux porphyres et roches analogues, suffit pour mettre en liberté leur eau de constitution, qui, agissant à cette température sur les matériaux de ces roches, et en particulier sur leurs sels ferreux, en dégage un ensemble de gaz riches en hydrogène, accompagné d'hydrogène sulfuré, d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, d'azote, d'argon, etc., en un mot les gaz mêmes que l'on a signalés dans la plupart des éruptions volcaniques.

Dans les parties profondes du sol, ce réchauffement des roches à une température voisine du rouge se produira chaque fois que des tassements, des effondrements ou des plissements détermineront une descente de roches antérieurement formées à des profondeurs où cette température se trouvera atteinte en raison des lois de la géothermie. Une injection de roches ignées dans les fractures de l'écorce terrestre déterminera ce même réchauffement des roches encaissantes. Dans les deux cas, les dégagements d'eau et de gaz dont il vient d'être question se produiront, et il est facile de montrer qu'ils se produiront en quantités comparables à celles qui se dégagent lors des éruptions volcaniques.

D'après les expériences de M. Armand Gautier, 1 kilog de granite porté au rouge donne 10 grammes d'eau, 7 à 8 grammes vers le rouge, et un volume

[1] *C. R. Ac. Sc.*, 6 avril 1903.

[1] *C. R. Ac. Sc.*, 26 janvier 1903.

[2] Armand Gautier : A propos de la composition des gaz des fumerolles du Mont Pelé. Remarques sur l'origine des phénomènes volcaniques. *C. R. Ac. Sc.*, 5 janvier 1903.

de gaz égal à 6 à 7 fois celui de la roche. 1 mètre cube de granite pesant 2.664 kilogs donnera donc 26 kil. 640 d'eau, et 1 kilomètre cube en fournira 26.640.000 tonnes, ou plus de 26 millions de mètres cubes. En même temps, il se fera $6,7 \times 1.000.000.000$ ou près de 7 milliards de mètres cubes de gaz calculés à 15°, dont il faut tripler le volume à la température du rouge à laquelle ils se sont produits. On peut juger par ces nombres des pressions formidables dues à ces réactions provoquées par le simple réchauffement des roches profondes.

« On voit, conclut M. Armand Gautier, que, pour expliquer l'origine de l'eau des volcans, la nature des gaz qu'ils rejettent, et la violence des phénomènes éruptifs, il n'est nécessaire, ni de faire intervenir la pénétration des eaux de la mer jusqu'au feu central, ni d'invoquer les réactions internes qui peuvent encore s'y produire, réactions fort hypothétiques, car elles ont probablement atteint leur équilibre définitif depuis les millions d'années que les matériaux terrestres sont portés à l'incandescence. Mais il suffit, pour qu'il se produise ces éruptions de vapeur d'eau et de gaz combustibles caractérisant les volcans, que les roches sédimentaires soient amenées, par suite des mouvements orogéniques, à des profondeurs où elles « se réchauffent de quelques centaines de degrés au contact des parties centrales encore fondues qui pénètrent à travers toutes leurs fissures. Le dégagement des gaz volcaniques, avec leur composition et leur pression formidable, sera la conséquence nécessaire de ce simple réchauffement. »

On voit que ces conclusions sont sensiblement différentes de celles auxquelles M. Suess s'est trouvé conduit, et cependant les deux savants se rencontrent pour rejeter entièrement le rôle de l'eau d'origine superficielle dans les phénomènes volcaniques.

§ 3. — Les phénomènes explosifs.

On sait depuis longtemps que la forme particulière des grands cirques à parois abruptes, connus sous le nom de *calderas*, qui entourent comme une auréole le sommet actuel de beaucoup de volcans, est due à une explosion violente, par laquelle a pris fin généralement le paroxysme d'une explosion[1]; mais ce n'est que depuis peu de temps que l'étude de certains appareils volcaniques anciens a permis, non plus d'observer les seuls effets superficiels des phénomènes explosifs, mais de suivre en profondeur, à travers les couches sédimentaires, la trace de leur action.

Les expériences de Daubrée ont jeté une vive lumière sur « le rôle possible des gaz à hautes températures, doués de très fortes pressions et animés d'un mouvement fort rapide », autrement dit des explosions, dans la formation de cheminées cylindriques, remplies de matières meubles d'origine interne, qui traversent dans le sens vertical les couches supérieures de l'écorce terrestre. L'illustre géologue donna le nom de *diatrèmes* à ces perforations verticales et considéra comme telles les cheminées diamantifères du Cap.

Depuis, la même interprétation a été proposée, par M. W. Branco, pour les 125 « embryons de volcans » qui sont localisés sur une faible surface dans l'Alpe de Souabe. Mais c'est une magistrale monographie, consacrée par sir Archibald Geikie[1] à l'est du comté de Fife, en Écosse, qui a tout récemment attiré à nouveau l'attention des géologues sur cette importante question.

La région qui s'étend, au sud de Saint-Andrews, le long de la côte septentrionale du Firth of Forth, fournit, grâce aux coupes admirables que l'on observe sur la côte, un terrain tout à fait incomparable pour l'étude des phénomènes volcaniques. Sir Archibald Geikie a réussi à reconnaître 80 de ces cheminées volcaniques, qu'il décrit sous le nom de « necks »; celles qui sont situées sur le rivage même sont littéralement disséquées par l'action des vagues, de sorte qu'il est facile d'en observer toutes les particularités. Les plus grandes d'entre elles apparaissent dans l'intérieur des terres sous l'aspect de collines arrondies, mais cette forme est due uniquement aux dénudations superficielles. Leur diamètre varie de près d'un kilomètre à une dizaine de mètres. En plan, leur section est grossièrement circulaire ou ovale. La surface qui les délimite plonge plus ou moins verticalement dans l'intérieur de la terre, de sorte que chaque « neck » doit être envisagé comme une colonne de roches qui descend au travers des strates carbonifères à une profondeur inconnue.

Ces cheminées ne sont manifestement pas en relation avec des failles; elles évitent même les failles qui existent dans la région. Elles sont, de plus, totalement indépendantes de tous les plissements des couches traversées et on les rencontre indistinctement dans les anticlinaux et dans les synclinaux. Rien n'autorise à admettre qu'elles aient été dérangées elles-mêmes, par des dislocations postérieures à leur formation, de leur position primitive. Il est donc évident que les « necks » sont d'âge plus récent que l'arrangement tectonique général

[1] V. la description d'un des plus remarquables parmi ces cirques d'explosion, l'Atrio del Cavallo, dans le bel article de M. Fouqué sur l'Etna, publié ici même (*Rev. gén. des Sc.*, 30 janvier 1901).

[1] Sir ARCHIBALD GEIKIE : The Geology of Eastern Fife. *Geol. Survey of Scotland*, Glascow, 1902. Voir en particulier les chap. XVII-XX, pp. 200-283, pl. II-XII en phototypie, et la carte géologique qui accompagne le Mémoire.

de la région. Ils représentent certainement le résultat d'explosions volcaniques, qui ont littéralement perforé la croûte solide du Globe.

Les matériaux qui remplissent les cheminées consistent :

1° En fragments de toutes dimensions, depuis les menues poussières jusqu'à des blocs atteignant plusieurs mètres de diamètre, provenant des couches encaissantes carbonifères, sans aucun mélange d'éléments dévoniens;

2° En agglomérats volcaniques, constitués par des blocs anguleux ou arrondis de basalte ou de limburgite et par des fragments de tufs et de roches sédimentaires, le tout englobé dans une masse verte ou grise, composée de poussières, de ponce, de grains de quartz et de cristaux corrodés d'orthose, d'hornblende, de biotite;

3° En tufs basiques, englobant des fragments de basalte à olivine, de limburgite, de troctolithe et se débitant en sphéroïdes.

Souvent les cheminées ont servi, en outre, de canaux de sortie à des matières fondues, solidifiées ensuite sous la forme de roches basaltiques riches en enclaves. Ces roches traversent le remplissage bréchoïde des cheminées en formant des dykes ou des veines, qui pénètrent quelquefois dans les couches encaissantes en s'y ramifiant.

Les fragments de roches sédimentaires que l'on rencontre dans les plus petits des « necks » ne montrent souvent aucune trace d'altération ; mais, dans les grandes cheminées, les grès ont été durcis, les argiles rubéfiées, les calcaires transformés en marbre.

L'absence complète de toute relation entre les « necks » et les dislocations des couches traversées, voire même avec toute fissure, démontre avec évidence que la perforation de la croûte terrestre est due à l'échappement violent, sous forme d'explosion, de gaz à haute température, emmagasinés sous une énorme pression à l'intérieur de la Terre. Il existe une analogie complète entre les cheminées d'Ecosse et les diatrèmes réalisées expérimentalement par Daubrée. L'analogie est non moins grande avec les cheminées diamantifères du Cap. Toutefois, les stries verticales que l'on observe sur les parois de ces dernières, et qui ont été reproduites par Daubrée, ne se retrouvent pas dans les « necks ». Une autre particularité propre aux cheminées d'Ecosse est le plongement vers l'intérieur de chaque « neck », que Sir Archibald Geikie a observé dans les couches encaissantes et qui est contraire à ce que l'on était en droit d'attendre. Il s'agit évidemment d'un affaissement, d'un tassement ultérieur des masses projetées, qui a entraîné les couches vers le bas sur la périphérie de la cheminée.

Il existe également une analogie parfaite entre les « necks » et les « embryons de volcans » de l'Alpe de Souabe que M. Branco a étudiés et qui l'ont conduit à soutenir l'indépendance des volcans de toute cassure préexistante[1]. Les observations de Sir Archibald Geikie fournissent un nouvel appoint à cette théorie, et l'on peut conclure dès à présent que, si beaucoup de volcans se trouvent incontestablement alignés sur des fractures, il est non moins certain que des explosions peuvent donner naissance à des évents sans qu'aucune fracture ait facilité le passage des produits volcaniques. Les phénomènes explosifs ne caractériseraient donc pas uniquement les phases de paroxysme des volcans; ils marqueraient souvent le début même de l'éruption.

Les phénomènes explosifs ne se présentent pas partout avec la même netteté que dans les « necks » d'Ecosse et dans les cheminées du Cap. Dans l'Alpe de Souabe, ils affectent par places un caractère confus, de telle sorte que les auteurs ont beaucoup varié sur l'interprétation des faits observés. C'est ainsi que M. Branco lui-même[2] attribuait, dans un Mémoire dont nous rendions compte dans notre dernière Revue annuelle, la plupart des particularités tectoniques du Ries, près Nördlingen, à la montée verticale d'un magma fluide, tandis qu'il fait jouer maintenant, dans un nouveau Mémoire[3], un rôle très important aux explosions de gaz.

Les traces manifestes d'explosions se rencontrent surtout dans le Vorries, c'est-à-dire dans une zone en forme de croissant qui s'étend au sud du grand cirque du Ries. Au milieu des calcaires du Jurassique supérieur, qui plongent doucement vers la plaine du Danube, apparaissent de place en place des pointements peu étendus de granite ou de tufs liparitiques. Il est à remarquer que ce granite est fréquemment réduit en fragments arrondis, de dimensions variables, englobés dans une masse terreuse de couleur rouge, riche en grains de quartz On pourrait être tenté de croire qu'il s'agit là de récifs sous-marins, sur lesquels se serait déposé le Jurassique.

En surface, ce granite présenterait son faciès d'altération habituel. Mais M. Branco pense qu'on est en présence de produits d'explosions gazeuses, plus violentes que celles qui ont donné naissance aux tufs liparitiques. Dans l'intérieur du cirque du Ries, le granite présente des caractères analogues,

[1] WILHELM BRANCO: *Wirkungen und Ursachen der Erdbeben* (p. 71). In-4°, 117 p. Berlin, 1902.

[2] V. *Rev. gén. des Sc.*, 30 mai 1902, p. 480.

[3] W. BRANCO: Das vulcanische Vorries und seine Beziehungen zum vulcanischen Riese bei Nördlingen. *Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1902, I, 132 p., 1 pl., 1903.

qui indiqueraient l'intervention des mêmes phénomènes.

Dans le Vorries, les calcaires du Jurassique supérieur sont eux-mêmes fortement morcelés, transformés en caillasses (« Gries ») ou en brèches. M. von Knebel a représenté, sur une carte annexée au Mémoire de M. Branco, les différents degrés du morcellement. L'existence de centres de morcellement maximum ressort avec évidence de cette carte, de telle sorte que l'on est conduit à admettre que ces points correspondent à des régions ébranlées par l'explosion souterraine de gaz, mais sans ascension de matières solides.

M. Branco attribue, en outre, aux phénomènes d'explosion du Ries la cause déterminante des charriages qui se sont produits sur la périphérie du cirque. Ce serait l'explosion qui aurait donné l'impulsion aux grands glissements ou éboulements qui se traduisent aujourd'hui par la superposition anormale de couches plus anciennes aux calcaires du Jurassique supérieur.

L'exemple récent de l'explosion du Bandai San, au Japon (15 juillet 1888), montre bien que de tels phénomènes peuvent donner lieu à de formidables éboulements. Lors de cette catastrophe, tout le flanc nord du volcan s'est écroulé et s'est déversé sur une surface que l'on évalue à 70 kilomètres carrés, formant un manteau détritique d'une épaisseur moyenne de 17 mètres. Il semble toutefois que, dans le cas du Ries, les phénomènes de glissement sur un substratum argileux l'aient emporté sur les éboulements.

III. — Les climats paléozoïques.

Il a déjà été question à plusieurs reprises, dans cette Revue annuelle, d'un important ouvrage dont la publication se poursuit depuis plusieurs années et qui, sous le titre de *Lethaea palaeozoica*, constitue le travail d'ensemble le plus complet qui existe sur les terrains paléozoïques. L'auteur, le Professeur Fr. Frech, de Breslau, y a étudié successivement, en grand détail et avec la compétence qu'on lui connaît, les systèmes cambrien, silurien, dévonien, carboniférien et permien (ce dernier sous le nom de « Dyas », assez généralement employé en Allemagne), chacun dans un chapitre spécial. Maintenant que l'ouvrage est terminé[1], M. Frech traite, dans un tableau d'ensemble de l'ère paléozoïque, plusieurs questions qu'il n'avait pu aborder qu'incidemment dans les précédentes livraisons. Ce chapitre final est un magistral exposé des idées de l'auteur sur le climat du Paléozoïque, sur les mouvements des mers, sur les unités géographiques permanentes de l'ère primaire, sur les relations qui existent entre l'évolution de la vie et les événements géologiques et géographiques.

L'étude des climats de l'ère paléozoïque mérite tout particulièrement de retenir notre attention. L'auteur y développe des vues très originales, qu'il a d'ailleurs également exposées dans une brochure spéciale[1] et qui ont pour base une théorie familière aux lecteurs de la *Revue*, due au savant professeur de Stockholm, M. Svante Arrhenius[2].

C'est un fait bien connu que la répartition uniforme, à la surface du Globe, des faunes et des flores anciennes et, en particulier, de celles du début et du milieu de l'ère paléozoïque. On en a tiré la conclusion qu'un climat uniforme s'étendait autrefois sur toute la Terre et que la température des pôles était, dans tous les cas, bien plus élevée que celle des mêmes régions à l'époque actuelle. On a attribué cette uniformité à une action plus intense de la chaleur interne, oubliant que les roches qui constituent l'écorce terrestre sont de si mauvais conducteurs de la chaleur qu'un échauffement de la surface, par une source interne, à une température égale à celle que lui apportent aujourd'hui les rayons solaires, supposerait l'existence d'une température de 1000° dès la profondeur de 30 mètres. On a eu recours aussi à l'hypothèse d'un soleil émettant autrefois une plus grande quantité de chaleur ou possédant un diamètre bien supérieur à son diamètre actuel; mais ces diverses hypothèses n'expliquent pas l'alternance de périodes de chaleur uniforme et de périodes de refroidissement général et, en particulier, elles n'indiquent pas la cause de la période glaciaire qui a marqué, dans l'hémisphère sud, la fin de l'ère paléozoïque[3]. La théorie de Svante Arrhenius rend, par contre, parfaitement compte de ces refroidissements périodiques.

Je rappellerai que cette théorie suppose des variations, aux diverses époques géologiques, de la conductibilité de l'atmosphère pour le rayonnement calorifique de la surface terrestre, puisque la transparence de l'air pour les rayons solaires n'a pu subir des variations notables. C'est, ainsi que l'a démontré Arrhenius, la teneur variable en acide carbonique de l'atmosphère qui détermine les différences d'intensité du rayonnement, et, par suite, les variations dans la température de la surface

[1] *Lethaea geognostica*. I. Lethaea palaeozoica, von Fritz Frech. 1 vol. gr. in-8°, XXIV et 788 p., 35 pl., 6 cartes, 551 fig. Stuttgart, 1897-1902.

[1] Fritz Frech : Studien über das Klima der geologischen Vergangenheit. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin*, 1902, p. 611-629, 671-693, pl. VIII.

[2] Svante Arrhenius : Les oscillations séculaires de la température à la surface du Globe terrestre. *Rev. gén. des Sc.*, 15 mai 1899, p. 337-342.

[3] Voir Revue annuelle de Géologie. *Revue gén. des Sciences*, 30 mai 1902, p. 479.

terrestre. La quantité d'acide carbonique contenue actuellement dans l'air atmosphérique est environ de 0,03 % en volume. Si cette teneur venait à être réduite des deux tiers, il en résulterait un abaissement de température d'à peu près 3° par 55° de latitude N., et cet abaissement serait suffisant pour déterminer à nouveau l'envahissement par les glaces de l'Amérique du Nord et de toute l'Europe septentrionale. Si, inversement, cette teneur augmentait du double ou du triple, les mêmes régions subiraient un échauffement que l'on peut évaluer à 8 ou 9°, et qui correspondrait au climat de ces mêmes régions à l'époque éocène.

Toute augmentation de la température moyenne amènerait, de plus, une évaporation plus intense, par conséquent une augmentation de la teneur de l'air en vapeur d'eau, qui, elle-même, diminuerait encore le rayonnement terrestre et agirait toujours dans le même sens pour rendre le climat plus chaud, jusqu'au moment où une diminution de la teneur en acide carbonique déterminerait de nouveau une oscillation en sens inverse.

La quantité d'acide carbonique contenue dans l'air est, avant tout, fonction des apports dus aux éruptions volcaniques; les végétaux, les organismes à sécrétion calcaire, les phénomènes de dissolution n'interviennent que comme régulateurs. M. Frech a recherché, pour toute la série des époques géologiques, quelles étaient les périodes d'intensité maximum du volcanisme, quelles étaient les périodes d'accalmie. Il a constaté que ces dernières coïncidaient bien avec des périodes de refroidissement, conformément à la théorie.

D'autres auteurs ont reconnu également une certaine périodicité dans l'intensité des phénomènes volcaniques. Ainsi, pour M. Rothpletz[1], les périodes d'activité volcanique alterneraient avec les périodes caractérisées par la formation de plissements de l'écorce terrestre, ce qui paraît d'ailleurs nécessaire si l'on envisage les affaissements qui déterminent la montée des magmas fondus comme des tassements consécutifs à une phase orogénique.

M. Frech envisage le Précambrien, le Dévonien, le Permien moyen, le Trias, le Crétacé supérieur et l'Eocène, le Miocène comme des périodes caractérisées à la fois par une recrudescence de l'activité volcanique et par un climat chaud s'étendant uniformément à toute la surface de la Terre. Le Cambrien, le Permien inférieur, le Crétacé inférieur, l'Oligocène, le Pléistocène seraient, par contre, des périodes pendant lesquelles l'activité volcanique atteindrait son minimum. Ce seraient également des périodes de refroidissement. C'est, en effet, vers le début de l'époque crétacée que les zones climatiques commencent à s'individualiser dans les mers, et l'on sait que le Permien inférieur et le Pléistocène sont marqués par une très grande extension des glaciers.

La période glaciaire du début du Permien résulterait d'un refroidissement causé par la diminution de la teneur en acide carbonique au cours de la période carbonifère. Les éruptions volcaniques, à la fin du Carbonifère et au début du Permien, étaient localisées à des régions extrêmement restreintes; on n'en connaît aucune trace ni en Asie ni en Amérique. En même temps, la formation d'immenses dépôts houillers et l'accumulation de grandes masses de calcaires zoogènes à Fusulines avaient dû consommer de très grandes quantités d'acide carbonique, si bien qu'au début du Permien la provision se trouvait épuisée.

Cette ingénieuse interprétation de l'époque glaciaire permienne ne rend, cependant, pas compte de la concentration des glaciers dans l'hémisphère sud; aussi M. Frech est-il obligé d'avoir recours à un déplacement du pôle sud de 40° environ vers le nord, c'est-à-dire jusqu'à l'emplacement actuel des îles Kerguelen. Il explique ainsi à la fois l'existence d'une calotte glaciaire s'étendant sur l'Afrique australe et sur l'Australie, et l'absence de phénomènes glaciaires dans l'Amérique du Sud.

D'ailleurs, l'absence de traces d'anciens glaciers paléozoïques dans l'hémisphère nord — en dehors de l'Inde — n'est pas aussi absolue qu'on l'avait cru. M. G. Müller a découvert récemment[1] en Westphalie, dans le Rothliegende inférieur, deux couches d'argiles à blocaux avec galets striés, reposant sur une surface striée et polie du Carbonifère sous-jacent, et il assimile ces dépôts à des moraines de fond d'un glacier permien. C'est également au Permien que M. Frech attribue, mais sans aucune preuve, les couches de Gaisa, dans le Varanger-Fjord, dans l'extrême nord de la Norvège, qui renferment, d'après H. Reusch, une couche à cailloux anguleux et striés, reposant sur la surface striée de quartzites sous-jacents.

Il y a cependant des réserves expresses à faire en ce qui concerne le synchronisme de toutes les formations glaciaires de la fin de l'ère paléozoïque. L'âge permien inférieur de l'une d'elles tout au moins est, en outre, loin d'être démontré. Il est démontré seulement qu'avec le Permien moyen le phénomène glaciaire avait pris fin; aussi les éruptions volcaniques redeviennent-elles nombreuses, en même temps que recommence la formation de la

[1] A. Rothpletz: Ueber die Möglichkeit den Gegensatz zwischen der Contractions und Expansionstheorie aufzuheben. *Sitzungsber. d. math. phys. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch.*, t. XXXII, p. 311-325. Munich, 1902.

[1] Gottfr. Müller : Zur Kenntniss der Dyas und Triasablagerungen im Ruhrkohlenrevier. *Zeitschr. f. prakt. Geol.*, 1901, novembre, p. 385-387.

houille, localisée maintenant dans l'hémisphère sud.

Dans la Salt Range, en Inde, il existe, à la base de la série marine des calcaires à *Productus*, une argile à blocaux à laquelle M. Frech et son collaborateur M. Nœtling, qui a visité plusieurs fois la région, assignent manifestement un âge trop récent. En effet, il résulte des comparaisons que M. Tschernyschew a établies entre la faune des calcaires à *Productus* inférieurs de la Salt Range et celle des calcaires ouraliens de Russie que ces formations sont synchroniques et que, par conséquent, la base des calcaires à *Productus*, que MM. Frech et Nœtling attribuent au Permien moyen, est, en réalité, carbonifère. Comme elle est encore séparée de l'argile à blocaux par une puissante série d'argiles et de grès à intercalations marines, il s'ensuit que le glaciaire de la Salt Range est certainement au moins carbonifère, peut-être même dévonien.

Cette conclusion, qui s'impose aujourd'hui, est à rapprocher de la découverte récente d'un conglomérat à cailloux striés, d'aspect glaciaire, intercalé dans les grès dévoniens des montagnes de la Table, au Cap. Les descriptions des membres de la Commission géologique du Cap, MM. Rogers et Schwarz[1], ne laissent guère de doute sur le caractère glaciaire de ce conglomérat. Il existerait donc, dans l'Afrique australe, des indices de deux périodes glaciaires paléozoïques, l'une dévonienne, l'autre incontestablement permienne.

Peut-être les couches glaciaires de Gaisa, en Norvège, sont-elles également dévoniennes. On aurait, par conséquent, si cette assimilation venait à être confirmée en Europe, comme en Inde (Salt Range et Talchir) et comme dans l'Afrique australe, des traces d'une glaciation dévonienne et d'une glaciation permienne.

Il est clair que la découverte de multiples périodes glaciaires, échelonnées dans la série des temps géologiques, cadrerait fort bien avec la théorie de Svante Arrhenius, bien que, si l'existence d'une glaciation dévonienne se vérifiait, la liste des périodes chaudes énumérées par Frech dût certainement subir, au moins pour un point, une importante correction. Quoi qu'il en soit, la théorie météorologique des époques glaciaires est certainement une excellente *working hypothesis*.

IV. — Les changements de niveau glaciaires et postglaciaires de la région de Kristiania.

J'ai retracé, dans une précédente revue annuelle[2], d'après les travaux de MM. de Geer et W. Ramsay, les grands traits de l'évolution du massif Finno-Scandinave pendant l'époque pléistocène. Les preuves d'oscillations verticales du sol, entraînant des déplacements tantôt positifs, tantôt négatifs des lignes de rivage, étaient fournies principalement par des observations faites en Suède, en Finlande et dans la presqu'île de Kola; on possédait des données beaucoup moins précises sur les phénomènes de même ordre en Norvège, où des traces en avaient été relevées depuis longtemps. Grâce à un magistral Mémoire, dû à M. le Professeur Brögger[1], qui a montré, une fois de plus, qu'il était aussi éminent stratigraphe que pétrographe et paléontologiste, cette lacune vient d'être comblée pour les environs de Kristiania. Je vais essayer de donner les principaux résultats de ce grand travail, écrit en norvégien, mais accompagné d'un résumé en anglais.

Sur les deux rives du fjord de Kristiania et les coupant obliquement, on observe les deux segments convergents d'une grande moraine frontale, connue sous le nom local de *ra*, et semblant l'analogue du *salpausselkä* de Finlande. De Geer a supposé qu'elle indique la limite extrême de la dernière grande extension glaciaire; mais cette interprétation ne peut être maintenue, car le sol présente, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur du *ra*, des surfaces polies et striées d'une grande fraîcheur; il est donc manifeste que toute la Norvège méridionale, au sud comme au nord du *ra*, a été couverte par la calotte glaciaire de la dernière extension.

En avant du *ra*, on rencontre, sur la côte méridionale, des dépôts d'argile à *Yoldia*, recouvrant les dépôts glaciaires, et faisant entièrement défaut en arrière du *ra*. L'argile à *Yoldia* représente donc la boue fine déposée dans la mer, en avant du front du glacier, par les eaux de fonte. Sa faune comprend de nombreux Mollusques, qui tous ont un caractère essentiellement arctique et vivent, pour la plupart, de nos jours, dans la mer de Kara, à des profondeurs ne dépassant pas 30 mètres (*Portlandia arctica*, *Macoma calcaria*, etc.). Comme ces dépôts se rencontrent actuellement, en certains points, au niveau même de la mer, on peut admettre que la région de Kristiania ne se trouvait pas immergée de plus de 20 ou 30 mètres au-dessous du niveau actuel des eaux. Mais les argiles à *Yoldia* se continuent sous la mer, sur toute la côte de Norvège, jusqu'à des profondeurs de plus de 70 brasses, comme l'indiquent les coquilles fossiles que la drague a rapportées. On doit en conclure que, au moment où l'argile à *Yoldia* commençait à se dé-

[1] A.-W. Rogers and E.-H.-L. Schwarz : Report on the Geology of the Cederbergen and adjoining Country. *Cape of Good Hope Annual Rep. of the Geol. Commiss.*, 1900. Appendix IV, p. 65-82. Cape-Town, 1901.

[2] Voyez la *Revue* du 30 août 1899.

[1] W.-C. Brögger : Om de senglaciale og postglaciale Nivaforandringer i Kristianiafeltet (Molluskfaunan). *Norges geologiske Undersögelse*, n° 31, 731 p. 19 pl.

poser, c'est-à-dire avant l'époque de la formation du *ra*, la région de Kristiania devait occuper un niveau sensiblement supérieur au niveau actuel, et ce soulèvement semble avoir atteint son maximum au moment de la dernière grande extension glaciaire. Tandis que le glacier fondait, le sol s'affaissait et la mer déposait l'argile à *Yoldia* en avant même du *ra*.

L'argile à *Yoldia*, dont il vient d'être question, est recouverte, en avant du *ra*, par une argile à *Yoldia* plus récente, dans laquelle les espèces caractéristiques atteignent des dimensions moindres et dans laquelle se rencontrent des formes d'un type moins arctique, mais indiquant une plus grande profondeur de la mer : 40 à 60 mètres. L'affaissement s'est donc continué. Ces argiles sont recouvertes par une succession d'argiles à *Arca glacialis*, indiquant des profondeurs croissantes et un caractère de moins en moins arctique de la faune. En même temps, le glacier s'est retiré graduellement, stationnant encore une fois temporairement, pendant un temps suffisamment long pour permettre la formation, en arrière du *ra*, d'une grande moraine frontale, le *ra* interne. L'argile moyenne à *Arca* se rencontre entre les deux *ras*, et ces deux moraines successives ont d'ailleurs dû se former au-dessous du niveau de la mer, comme l'indique la disposition stratifiée des sables et des graviers qui les constituent. Trois séries de moraines terminales se forment encore en arrière des deux précédentes, et la mer continue à envahir les espaces compris entre chacun de ces stades de retrait, en y déposant des argiles. C'est à ce moment que l'affaissement de la région de Kristiania atteint son maximum ; la mer s'élevait à un niveau supérieur de 215 mètres environ au niveau actuel. Désormais, le sol va subir une élévation graduelle. Les retraits ultérieurs des glaciers, caractéristiques de la phase que M. Brögger appelle épiglaciaire, se manifestent par une série de moraines stadiaires, en arrière desquelles se formaient des lacs à faune saumâtre résiduelle. Les glaciers n'occupaient plus que le fond des vallées.

L'élévation graduelle du sol est marquée par une succession de plages anciennes, étagées à des altitudes décroissantes. La plus élevée a été découverte par Oyen à une altitude de 203-208 mètres, sous la forme de graviers et de sables coquilliers, renfermant en particulier le *Mytilus edulis*, espèce qui n'existe pas de nos jours sur les côtes arctiques. Les environs de Kristiania accusaient donc, d'après M. Brögger, au début du soulèvement, un climat non pas arctique, mais « boréo-arctique », très analogue au climat actuel de Finmarken.

A un niveau moins élevé, on observe des bancs littoraux à *Mya truncata* var. *uddevalensis*, *Buccinum undatum* et *grœnlandicum*. La faune des environs mêmes de Kristiania n'est pas identique à celle du Smalenene, localité où elle possède un caractère plus arctique. L'auteur tire de ce fait la conclusion importante que les bancs littoraux situés à la même altitude dans les deux localités n'ont pas exactement le même âge et que le soulèvement aurait commencé plus tôt dans le Smalenene qu'à Kristiania même.

Les bancs à *Mya* situés à un niveau plus inférieur conduisent au même résultat ; ceux des environs de Kristiania, qui correspondent à une élévation évaluée à 15-40 °/₀ du soulèvement total, sont synchroniques de ceux du Smalenene qui, par leur altitude, indiquent un soulèvement de 50-60 °/₀. Les « isoanabases » ne sont donc pas synchroniques, le soulèvement ayant commencé plus tôt dans les parties méridionales, périphériques, de la région que dans les parties centrales.

Pendant que prenaient naissance sur le littoral des bancs à *Mya*, au large se déposaient des argiles à *Cyprina* et à *Cardium*.

C'est avec les argiles à *Cardium* les plus récentes, indiquant un soulèvement de 50-60 °/₀ du soulèvement total, que l'auteur fait commencer la série des formations postglaciaires. Elle comprend d'abord des bancs à *Ostrea edulis*, puis des bancs littoraux à *Tapes decussatus*, auxquels correspondent, au large, des argiles à *Isocardia cor* et des argiles plus récentes à *Scrobicularia piperata*. Dans ces dépôts successifs, dont les plus récents accusent un soulèvement de 66 à 97 °/₀, les faunes se modifient graduellement ; dans la plus ancienne faune postglaciaire, on rencontre, pour 4 espèces arctiques, 12 espèces boréales et 6 espèces lusitaniennes ; dans la plus récente, la proportion est de 3 espèces arctiques, pour 9 espèces boréales et 10 espèces lusitaniennes. Il y a, dans les faunes postglaciaires, un certain nombre d'éléments, appartenant à chacune de ces trois catégories, qui n'existent pas dans la faune actuelle du littoral de Kristiania et *vice versa*.

Les argiles récentes à *Mya arenaria* et les plages correspondantes se rencontrent souvent à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer. Le soulèvement est donc continu jusqu'à l'époque actuelle. Les phases postglaciaires d'affaissement, qui ont été décrites dans la région baltique sous les noms de phase à *Littorina* et de phase à *Ancylus*, n'ont pas d'équivalent dans la région de Kristiania. Par contre, à l'amélioration continue du climat pendant la période postglaciaire paraît avoir fait suite un léger refroidissement à l'époque actuelle, que M. Brögger évalue à 2° environ. Le temps écoulé depuis le dépôt des bancs à *Tapes* les plus récents est estimé à 9.000 ans.

On voit, par ce trop court résumé, que les travaux

de M. Brögger font faire un pas considérable à la connaissance des dépôts marins pléistocènes du Nord. C'est la première fois qu'une série de ce genre est étudiée avec toutes les ressources de la stratigraphie moderne. Tout en rendant le plus grand hommage à la sagacité avec laquelle l'auteur a conduit ses recherches, j'exprimerai le regret que des coupes schématiques ne viennent pas faciliter la lecture de son Mémoire. Bien des lecteurs se demanderont, en outre, si M. Brögger a tenu suffisamment compte des variations de faune qu'apportent dans les mers les courants, et si vraiment les comparaisons avec les conditions biologiques des faunes actuelles ont toujours la portée que leur attribue le savant auteur.

V. — Études régionales et cartes géologiques.

Le défaut de place m'oblige, comme l'année dernière, à ne mentionner que les plus importants parmi les travaux de Géologie régionale récemment publiés. Les mémoires et cartes imprimés par les soins des Services géologiques des différents États viennent se placer naturellement au premier plan.

Laissant de côté les travaux du Service de la Carte géologique de France[1], qui sont d'un accès plus facile à nos lecteurs, je dirai d'abord un mot des publications du Service de la Carte géologique de l'Algérie. Jusqu'à présent, nous ne possédions de l'Algérie qu'une carte géologique que les auteurs avaient modestement qualifiée de *provisoire*. Sur une nouvelle édition qui vient d'en être publiée, ce qualificatif a disparu, et il semble, en effet, que la nouvelle carte présente toute l'exactitude que comporte l'échelle de 1/800.000. Cette 3e édition, qui porte la date 1900, quoiqu'elle n'ait été mise en vente qu'en 1902, a été préparée sous la direction du regretté Pouyanne; le travail de coordination, tâche particulièrement délicate en l'occurrence, est l'œuvre de M. Emile Ficheur, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger, adjoint au directeur. Un texte explicatif de la carte doit paraître ultérieurement; pour le moment, un travail très documenté au point de vue géologique, quoique plus particulièrement géographique, de MM. Augustin Bernard et Ficheur sur « les régions naturelles de l'Algérie[2] » pourrait en tenir lieu dans une certaine mesure, mais le moment paraît venu où une nouvelle synthèse stratigraphique du pays rendrait les plus grands services.

La troisième édition de la carte diffère des précédentes tout d'abord parce que l'on y a ajouté un estompage représentant le figuré du terrain. C'est là un réel progrès, car une carte géologique dépourvue de ce figuré est « un corps sans âme », suivant l'expression d'un grand géologue de notre époque. L'attribution au Trias des nombreux pointements de marnes bariolées, de gypse et de sel gemme, qui avaient été réunis autrefois à des terrains de différents âges, est un grand progrès sur les éditions précédentes et change complètement la physionomie de la carte. Enfin, de vastes régions, dont la géologie avait été à peine ébauchée jusqu'alors, ont été l'objet d'une transformation complète ou de rectifications profondes qui leur donnent un aspect entièrement nouveau. L'Atlas saharien est particulièrement dans ce cas. M. Flamand a levé toute la région des Ksour, dans l'ouest, tandis que M. Ritter a consacré un Mémoire remarquable[1] au segment moyen, c'est-à-dire aux monts des Oulad-Nayl, et que, dans l'est, l'Aurès a été exploré par M. Ficheur, le pays des Nemencha par M. Blayac.

En même temps que le Service de la Carte géologique de l'Algérie préparait la carte générale au 1/800.000, il assurait la continuation de la publication de la carte détaillée au 1/50.000. Deux nouvelles feuilles ont paru en 1902, Beni-Saf[2] et Constantine. L'intérêt en est également considérable; malheureusement, la valeur de l'exécution matérielle n'est pas la même. Tandis que les feuilles précédentes avaient été gravées à Paris, celle de Constantine l'a été à Alger, et l'on ne peut manquer d'être frappé de la médiocrité du tirage en couleurs. Il serait vraiment regrettable que, dans un sentiment excessif de particularisme, le Gouvernement général vienne à compromettre, par une exécution défectueuse, le succès d'une œuvre appelée à rendre de si grands services à la colonisation. D'ailleurs, on se demande si l'échelle du 1/200.000 n'eût pas été mieux choisie que celle du 1/50.000 pour un pays dans lequel de vastes surfaces sont souvent constituées par les mêmes formations géologiques.

L'Algérie était, jusqu'à présent, la seule de nos

[1] Plusieurs Mémoires publiés par des collaborateurs du Service de la Carte géologique de la France ont servi aux auteurs de thèses de doctorat. M. Louis Doncieux a réuni les résultats de ses explorations sur la feuille de Narbonne dans une importante « Monographie géologique et paléontologique des Corbières orientales », qu'il a présentée comme thèse devant la Faculté des Sciences de Lyon (*Annales de l'Univers. de Lyon*, N. S. I, fasc. 11). C'est une contribution des plus intéressantes à l'étude des terrains secondaires et tertiaires de la région.

[2] *Annales de Geogr.*, t. XI, 1902, nos 57, 58, 60.

[1] Etienne Ritter : Le Djebel Amour et les monts des Oulad-Nayl. *Bull. du Serv. de la Carte géol. de l'Algérie*, 2e sér., no 3, 101 p., 10 fig., 4 pl. Alger, 1902.

[2] Cette feuille est l'œuvre de M. Louis Gentil: elle vient compléter les précieux documents cartographiques renfermés dans le beau Mémoire de cet auteur sur le massif de la Tafna, Mémoire dont M. Peron, le doyen des géologues algériens, a déjà donné dans la *Revue* un élogieux compte rendu.

possessions qui possédât un Service géologique organisé; aussi est-ce avec un sentiment de légitime orgueil que nous devons saluer la publication, dans un pays placé sous notre protectorat, du premier volume d'une série de Mémoires relatifs à la carte géologique de la Tunisie, que la Direction générale des Travaux publics de la Régence a entrepris de publier. Ce volume est une « Etude géologique de la Tunisie centrale » par M. L. Pervinquière[1]. Elle a été présentée par l'auteur comme thèse de doctorat à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. J'aurais été heureux de dire dans cette Revue annuelle tout le bien que j'en pense, mais il en sera rendu compte d'autre part.

Je n'ai à signaler, cette année, aucun mémoire important de géologie régionale publié soit en Italie, soit en Allemagne, soit en Russie; dans ces pays, la mode est aujourd'hui plutôt aux monographies paléontologiques.

En Autriche, j'ai plusieurs études régionales à enregistrer. Le nouveau directeur de l'Institut géologique impérial et royal, M. Tietze, dont la nomination à ce poste élevé a été saluée avec sympathie par tous les géologues, a publié une importante monographie[2] des environs de Landskron et de Gewitsch, en Moravie. Dans cette région, qui fait partie de la bordure orientale du massif de Bohême, les schistes cristallins, ainsi que le Dévonien, sont énergiquement plissés suivant deux directions dominantes : N.-S. et S. W.-N. E. Ils supportent en discordance le Culm (Carbonifère inférieur), lui-même plissé suivant la seconde direction. Les termes supérieurs du Carbonifère font défaut, et c'est le Rothliegende (Permien) qui, à son tour, est discordant sur le substratum plissé. Il présente lui-même des dislocations assez notables et supporte directement le Cénomanien ou le Turonien transgressifs, qui eux-mêmes présentent des plis faiblement accusés, dirigés N.-S., et des failles de même direction. La mer miocène a pénétré principalement dans les dépressions en y déposant d'épaisses couches d'argile, analogues au « Tegel » de Baden. Tels sont les résultats les plus essentiels du Mémoire de M. Tietze, dans lequel, malheureusement, les figures et, en particulier, les coupes font à peu près entièrement défaut.

J'ai rendu compte, il y a deux ans, d'un ouvrage capital de M. V. Uhlig sur le Haut Tatra. Un nouveau Mémoire du même auteur[3] est consacré aux monts de Fatrakriván. Ceux-ci forment à l'ouest le pendant du Tatra; ils présentent en général les mêmes allures tectoniques que ce massif et renferment les terrains caractéristiques de la zone subtatrique. L'étude de cette région a confirmé l'auteur dans les conclusions qu'il avait énoncées dans le précédent Mémoire.

Je mentionnerai encore un Mémoire d'un jeune géologue autrichien, M. Franz Kossmat, qui s'est acquis une autorité incontestée en matière de terrains crétacés. C'est une monographie[1] consacrée aux résultats d'un voyage que l'auteur fit en 1898-99 dans l'île de Sokotra et dans les îles adjacentes. Les observations furent assez complètes pour permettre l'établissement d'une carte géologique de l'île principale au 1/230.000.

Le socle de Sokotra, d'Abd el Kûri et de Sémha est constitué par des terrains cristallophylliens, traversés par des roches éruptives. Au-dessus s'étend en discordance une série crétacée, débutant par du Cénomanien fossilifère et s'élevant peut-être jusqu'au Sénonien. Elle offre de grandes analogies avec les couches de même âge en Syrie et dans l'Afrique du Nord. Le Crétacé est recouvert en concordance par des calcaires éocènes à Alvéolines, qui forment presque tous les plateaux, tandis que le Crétacé affleure au bas des abrupts et que les terrains cristallins sont, en général, localisés sur le bord de la mer. Cependant, plusieurs bombements en forme de dômes, que l'auteur assimile aux « swells » du Nouveau-Mexique, ont surélevé ces terrains et déterminé leur dénudation même dans le centre de l'île.

Il est rare de voir des observations géologiques faites dans une région lointaine mises en œuvre d'une manière aussi satisfaisante à tous égards.

Parmi les Services géologiques des pays nouveaux, celui du Japon est certainement un des plus actifs. Il vient de publier une carte géologique au 1/1.000.000 de l'Empire japonais, qui supporte la comparaison avec les meilleures cartes similaires d'Europe[2]. La répartition des divers terrains y est représentée par 14 teintes. Des cartons spéciaux sont consacrés à la distribution des volcans, à l'île de Taïwan, aux Kouriles, aux îles Bonin.

Les relations géologiques de l'île Taïwan ou Formose avec l'arc des Riukiu fait l'objet d'une Note très instructive du baron F. von Richthofen, Note

[1] 1 vol. gr. in-4°, 359 p., 42 fig., 36 photogr., 3 pl. de coupes, 1 carte en couleurs au 1/200.000. Paris, F. R. de Rudeval, 1903.

[2] Emil Tietze : Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Landskron und Gewitsch. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst*, t. LI, p. 317-730, 2 fig., 1902.

[3] Victor Uhlig : Beiträge zur Geologie des Fatrakriván-Gebirges. *Denkschr. d. math.-naturw. Classe d. Kais. Akad. d. Wissensch.*, t. LXXII, p. 519-561, 1 carte, 3 pl., 1902.

[1] Fr. Kossmat : Geologie der Inseln Sokótra, Sémha und Abd el Kûri. *Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss.*, t. LXXI, 62 p., 1 carte en couleurs, 2 panoramas photogr., 2 pl. fossiles, 1902.

[2] Geological Map of the Japanese Empire on the scale of 1 : 1.000.000, compiled by the Imper. Geol. Survey of Japan, 1902.

qui fait suite aux études géomorphologiques que l'illustre géographe publie sur l'Asie orientale et qui ont été analysées ici. Il serait difficile, sans reproduire la carte de l'auteur, de résumer les résultats nouveaux qui se dégagent de cette brochure[1].

VI. — Paléogéographie.

On peut certainement envisager la reconstitution des anciennes limites des terres et des mers comme l'un des buts les plus élevés de la Géologie stratigraphique. Les essais de cartes paléogéographiques publiés dans ces dernières années, et en particulier ceux que renferme la quatrième édition du classique *Traité de Géologie* de M. de Lapparent, constituent en quelque sorte le bilan actuel de nos connaissances dans cet ordre d'idées. Toute découverte qui viendra modifier sur un point essentiel l'une de ces cartes devra être signalée comme un résultat de premier ordre. J'ai le plaisir d'avoir à enregistrer cette année plusieurs de ces découvertes.

Voici d'abord, en suivant l'ordre chronologique, la première mention du Silurien dans le grand Plateau désertique de l'Afrique du Nord, dans une région où l'on croyait ne devoir rencontrer, sous le Dévonien, que des terrains cristallophylliens. Dans des schistes que M. Foureau a recueillis dans sa dernière exploration, à la descente du Tindesset vers l'Aïr, M. Munier-Chalmas[2] a trouvé, en les clivant, de très bons exemplaires d'un Graptolithe qui appartient au genre ordovicien *Climacograptus*.

La première mention du Dévonien dans le Sahara oranais remonte déjà à deux ans, mais on n'avait signalé que le niveau à *Calceola sandalina*. M. Emile Gautier[3], déjà bien connu par ses explorations à Madagascar, a recueilli depuis à Beni Abbès, dans l'oued Saoura, et à Fgagira, dans le Gourara, des Goniatites et des Clyménies qui ne laissent aucun doute sur la présence, dans ces régions, d'un Dévonien supérieur à Céphalopodes, identique à celui de l'Allemagne centrale.

En ce qui concerne le système carbonifère, j'ai à enregistrer la découverte de dépôts marins fossilifères dans deux pays bien éloignés l'un de l'autre.

M. Deprat[4] a observé dans les monts Galtzades, dans l'île d'Eubée, au-dessus d'une puissante série de schistes d'âge indéterminé, mais probablement dévoniens, des calcaires noirs, dans lesquels il a recueilli le *Bellerophon hiulcus*, des *Euomphalus*, des débris d'*Orthoceras* (?) et, ce qui est plus intéressant, des *Fusulina* et des *Schwagerina*. On ne peut savoir, en présence de ces données contradictoires, à quel niveau du Carbonifère appartiennent ces calcaires.

M. Piroutet[1] a recueilli, dans des calcaires qu'il envisage comme postérieurs à une série attribuée par lui au Précambrien, des Foraminifères, parmi lesquels il a reconnu le *Nummulites pristina* Brady, du Dinantien d'Europe, tandis que d'autres lui paraissent être des Fusulines. Si l'âge carbonifère de ces calcaires se confirmait, il y aurait lieu d'insister sur la superposition directe, à ces couches, du Trias supérieur à *Pseudomonotis Richmondiana*, connu depuis 1864. Ce fait serait à rapprocher de la transgressivité du Trias supérieur, qui a été indiquée, en divers points, dans les régions géosynclinales, en particulier en Asie Mineure et en Californie, où l'on a également mentionné la superposition directe du Trias supérieur au Carbonifère[2].

Sur le Lias, bien développé sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie, repose ensuite une série sédimentaire, que M. Piroutet attribue au Jurassique supérieur. Ce serait encore une analogie de plus avec les régions géosynclinales, où la transgression tithonique est un fait très général. Quant à l'attribution du terrain « houiller » de la colonie au Crétacé *inférieur*, il faudra attendre, pour se prononcer, de nouvelles récoltes de fossiles et la publication de déterminations précises avec fossiles à l'appui.

Deux découvertes paléontologiques intéressantes paraissent à première vue de nature à modifier sur certains points les idées que nous nous faisons de la répartition des provinces zoologiques à l'époque du Jurassique supérieur.

Dans une exploration du pays de Ziapine, dans l'Oural du Nord, M. David Ilovaïsky[3] a recueilli de nombreuses Ammonites appartenant au groupe de *Perisphinctes biplex* Sow., si abondant dans le Portlandien inférieur du Boulonnais. Il signale également une espèce très voisine de *Per. Pottingeri* Waag., de l'Inde et de l'Afrique orientale allemande. Le même groupe se rencontre, d'ailleurs, dans l'île de la Reine-Charlotte, c'est-à-dire sur les côtes de la Colombie britannique (*Amm. Skidega-*

[1] F. von Richthofen : Geomorphologische Studien aus Ostasien. III. Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln. *Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1902, XL, 32 p., 1 pl.

[2] Notice sur les Travaux scientifiques de M. Munier-Chalmas, p. 94. Lille, 1903.

[3] E.-F. Gautier : Sur les terrains paléozoïques de l'Oued Saoura et du Gourara. *C. R. Ac. Sc.*, 8 décembre 1902.

[4] Deprat : Note préliminaire sur la géologie de l'île d'Eubée. *C. R. Ac. Sc.*, 12 janvier 1903.

[1] Maurice Piroutet : Note préliminaire sur la géologie d'une partie de la Nouvelle-Calédonie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e sér., t. III, p. 155-177, 1903.

[2] Voir Emile Haug : Les géosynclinaux et les aires continentales, etc. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e sér., t. XXVIII p. 699, 1900.

[3] *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 18 mai 1903.

tensis Whiteaves), et dans l'Ouest de Madagascar. Ce dernier gisement paraît en contradiction avec le caractère boréal de la faune des couches à *Per. biplex*, qui est encore accentué par la découverte de M. Ilovaïsky. Mais il est à remarquer que jusqu'à présent le groupe du *Per. biplex* ne s'est jamais rencontré dans des dépôts riches en *Phylloceras* et en *Lytoceras*; il vivait donc, contrairement à ces deux genres, exclusivement dans des eaux de faible profondeur.

M. Carl Burckhardt[1] a publié une étude paléontologique détaillée des matériaux recueillis par lui dans la Cordillère, au cours de ses voyages si fructueux dans l'Ouest de la République Argentine. Parmi les nombreux résultats nouveaux relatifs aux terrains jurassiques et crétacés, je ne mentionnerai, dans ce travail, que la description de plusieurs espèces indiscutables de *Virgatites*. On sait que ce genre est considéré d'ordinaire comme essentiellement caractéristique du Portlandien boréal. M. Burckhardt tire argument de sa présence dans le Portlandien de la République Argentine contre la théorie des zones homœozoïques de Neumayr. On devrait y voir plutôt une vérification de cette théorie et la preuve de l'existence, dans l'hémisphère sud, d'une zone à climat froid, pendant austral de la zone boréale. Dans tous les cas, l'absence de *Phylloceras* dans toutes les couches à *Virgatites* montrerait que celles-ci se sont déposées, comme les couches à *Per. biplex*, dans des eaux peu profondes, refroidies peut-être par des courants polaires de surface.

Quoi qu'il en soit, l'existence des *Virgatites* dans la Cordillère argentine ne me paraît pas pouvoir être invoquée comme argument en faveur d'un continent occupant le sud du Pacifique actuel et le long duquel, sur sa côte septentrionale, se seraient propagés les *Virgatites*, venant de Russie par l'Asie centrale. Ce n'est pas moi qui m'opposerai à l'hypothèse d'un ancien continent Pacifique, dont j'ai été l'un des premiers promoteurs[2]; mais M. Burckhardt me paraît avoir donné dans son Mémoire d'autres arguments, autrement sérieux, en faveur de l'existence du continent Pacifique, pour que je juge utile d'avoir recours à des communications très problématiques pour expliquer la présence, dans l'Amérique du Sud, d'une faune dont l'extension géographique commence seulement à être bien connue.

Je terminerai cet aperçu en attirant l'attention du lecteur sur une découverte tout à fait capitale, relative aux terrains tertiaires.

Il y a deux ans, M. de Lapparent[1] avait entretenu l'Académie des Sciences de la trouvaille, faite à Bilma (Sahara oriental), par le colonel Monteil, d'un Oursin (*Nœtlingia Monteili* Gauthier) appartenant au Crétacé supérieur et attestant que la mer maëstrichtienne s'était étendue jusqu'au centre de l'Afrique, en communiquant sans doute avec l'Inde, probablement par l'Égypte et la Syrie. Le printemps dernier, M. de Lapparent a reçu du capitaine Gaden un lot de fossiles provenant de Tamaské, à environ 400 kilomètres à l'ouest de Zinder, fossiles que plusieurs paléontologistes n'ont pas hésité à rapporter à l'Eocène moyen. C'est d'abord un Nautile, très voisin de *Nautilus Lamarcki* du Calcaire grossier parisien; ce sont plusieurs Echinides, appartenant aux genres *Leiocidaris*, *Plesiolampas*, *Linthia*, qui caractérisent l'Eocène des régions méditerranéennes et de l'Inde; ce sont ensuite des moules internes de *Lucina* cf. *gigantea* et de *Nerita* (*Velates*) *Schmiedeliana*. Il est donc certain maintenant que, non seulement la mer maëstrichtienne[2], mais encore la mer lutétienne s'est étendue sur une partie de l'Afrique centrale, contrairement à tout ce que l'on eût été en droit de supposer. C'est une preuve nouvelle de la facilité avec laquelle les aires continentales peuvent être envahies par certaines grandes transgressions marines.

Émile Haug,
Professeur-adjoint à la Faculté des Sciences
de l'Université de Paris.

[1] Carl Burckhardt : Beiträge zur Kenntniss der Jura und Kreideformation der Cordillere. *Palaeontographica*, t. L, p. 1-144, pl. I-XVI, 1903.
[2] Les Géosynclinaux..., p. 647-662.

[1] De Lapparent : Sur les traces de la mer lutétienne au Soudan. *C. R. Ac. Sc.*, 11 mai 1903. — Id. : Sur de nouveaux fossiles du Soudan. *Ibid.*, 2 juin 1903.
[2] M. de Lapparent a reçu récemment du Damergou une Ammonite très probablement turonienne.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Dickson (L.-E.). — **Linear Groups**, *with an exposition of the Galois Field theory.* — *1 vol. in-8°, cartonné, de* **312** *p. B. G. Teubner, éditeur. Leipzig,* **1903.**

Ce volume fait partie de la Collection des monographies publiées par la maison Teubner et destinées à présenter, dans leur état actuel, les principales théories des Mathématiques pures et appliquées. La Collection Teubner forme, en quelque sorte, un complément de l'Encyclopédie que publie actuellement la même librairie.

Dans cet ouvrage, M. Dickson a réuni les notions essentielles relatives à la Théorie des Groupes linéaires, et tout particulièrement ce qui concerne les groupes de congruences dans un domaine fini. Il divise son exposé en deux parties. Dans la première, il établit les propriétés du champ de Galois, tandis que la seconde est consacrée aux éléments de la Théorie des Groupes linéaires. Ces éléments sont basés sur la notion de groupe linéaire et homogène développée par Galois, Jordan et Serret; ils conduisent aux propriétés des groupes abéliens et hyperabéliens. L'auteur fait une intéressante étude des groupes linéaires et homogènes invariants par rapport à une forme quadratique; il examine également les formes canoniques et la classification des formes linéaires. Le chapitre relatif au groupe linéaire fractionnaire donne lieu à des développements très remarquables, se rattachant aux recherches de Moore, Burnside et Wiman.

Ce traité constitue une excellente introduction à la Théorie des Groupes. M. Dickson était d'autant plus qualifié pour écrire une pareille monographie qu'il est, parmi les jeunes mathématiciens, l'un de ceux qui ont le plus contribué aux récents progrès de cette branche. Aussi trouve-t-on, çà et là, des théorèmes généralisés, des démonstrations simplifiées ou nouvelles, et partout une parfaite clarté dans l'exposé.

Godefroy (Maur.), *Bibliothécaire de la Faculté des Sciences de Marseille.* — **Théorie élémentaire des Séries**, *avec préface de* L. Sauvage. — *1 vol. gr. in-8° de 266 pages.* (*Prix : 8 fr.*) *Gauthier-Villars, éditeurs. Paris,* **1903.**

Il n'existait pas d'ouvrage récent spécialement consacré à la *Théorie élémentaire des Séries*; aussi doit-on féliciter M. Godefroy d'avoir entrepris la publication d'un pareil traité. D'importants progrès ont été réalisés dans ce domaine des Mathématiques, et l'on ne saurait tarder à les faire pénétrer de plus en plus dans l'enseignement des éléments de Mathématiques supérieures. Le présent volume y contribuera dans une large mesure. Grâce à la forme simple et claire de l'exposé et à l'abondance des renseignements historiques et bibliographiques, il ne tardera pas à rendre de grands services aux étudiants et aux professeurs.

L'auteur définit et étudie d'abord les notions de limite, de continuité et de dérivée, puis les *séries à termes constants* : séries à termes positifs, règles de convergence; séries alternées; séries absolument convergentes; séries de séries; et, de ces dernières, il donne d'intéressantes applications aux séries de Lambert et de Clausen.

Il expose la notion de convergence uniforme et les notions essentielles des séries de fonctions, puis examine les propriétés fondamentales des *séries entières* et quelques-unes de leurs applications; parmi celles-ci, il y a lieu de signaler l'exposé très concis des premières propriétés des polynomes de Legendre et de la série hypergéométrique, ainsi que l'étude des formules de Taylor et de Mac Laurin.

La *fonction exponentielle* fait l'objet d'un chapitre particulier. Elle est définie à l'aide de son développement en série. Ses applications sont choisies de manière à initier l'étudiant à plusieurs problèmes du plus haut intérêt; ainsi, l'on y rencontre les propriétés des polynomes de Hermite, des fonctions de Bessel, des nombres de Bernoulli, de la transcendance de e, de la fonction a^x définie à l'aide de l'exponentielle e^x. Vient ensuite la théorie des logarithmes.

Les *fonctions circulaires* sont étudiées en prenant comme point de départ les développements en séries entières de $\cos x$ et de $\sin x$. A signaler dans ce chapitre la démonstration de l'irrationalité de π, d'après la remarquable méthode donnée par Hermite, puis les développements des différentes fonctions circulaires directes en produits infinis et en séries de fonctions simples. Viennent ensuite trois paragraphes contenant une étude très sommaire des séries trigonométriques, des fonctions circulaires inverses et des fonctions hyperboliques.

La *fonction gamma* fait l'objet d'un intéressant chapitre, le dernier de ce volume. M. Godefroy la définit comme limite d'un produit, selon Euler et Gauss, ce qui lui permet d'établir les propriétés de la fonction d'une manière remarquablement simple et uniforme.

Ajoutons encore que chaque chapitre se termine par des exercices bien choisis et par un index bibliographique qui sera très apprécié du lecteur.

H. Fehr,
Professeur à l'Université de Genève.

2° Sciences physiques

Roux (E.), *Assistant au Muséum d'Histoire naturelle.* — **Sur des bases nouvelles dérivées des sucres.** (*Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris pour le Doctorat ès sciences physiques*). — *Une brochure in-8° de 100 pages. Gauthier-Villars, éditeurs, Paris,* **1903.**

Dans ce travail, que nous comptons parmi les meilleurs qui aient paru sur les sucres au cours de ces dernières années, l'auteur nous fait connaître une série nouvelle de combinaisons azotées qui se forment lorsqu'on réduit les aldosoximes par l'amalgame de sodium.

Répondant toutes à la formule générale $C^nH^{n+2}(OH)^{n-1}(AzH^2)$, elles possèdent, en même temps que les fonctions alcooliques qui leur viennent d'origine, une fonction prédominante d'amine primaire qui, dans les cas étudiés, occupe la position α.

M. Roux forme leur nom en ajoutant le suffixe *amine* au nom simplifié du sucre qui a servi à les préparer; il nous décrit ainsi successivement la *glucamine*, la *galactamine*, l'*arabinamine* et la *xylamine*, qu'il a obtenues en réduisant les oximes du glucose, du galactose, de l'arabinose et du xylose.

Tous ces corps gardent les mêmes caractères d'isomérie stéréochimique qui distinguent les sucres réducteurs; ce sont des bases puissantes, dont la saveur est violemment caustique en même temps que très légèrement sucrée. Ils absorbent l'acide carbonique de l'air, chassent l'ammoniaque de ses combinaisons et précipitent les sels métalliques à la façon des bases alcalines ou alcalino-terreuses; leur énergie ne le cède qu'à ces dernières, et il eût été intéressant d'en fournir la mesure par quelques déterminations thermochimiques; c'est

là une lacune qui sera ultérieurement facile à combler.

D'une stabilité remarquable, ils résistent à l'action des acides et des alcalis bouillants, qui décomposent, comme on le sait, les glucosamines déjà décrites par Ledderhose, Fischer et Lobry de Bruyn ; ils doivent évidemment cette propriété à l'absence, dans leur molécule, de toute fonction aldéhydique ; d'ailleurs, ils n'agissent pas sur le réactif de Fehling.

Comme les autres amines primaires, ils attaquent les carbimides, les aldéhydes et les acétones : l'auteur décrit, entre autres, les dérivés qu'ils fournissent avec le cyanate de potassium, le carbanile, l'aldéhyde benzoïque et l'acétylacétone.

Avec le thiocarbanile ou le sulfure de carbone, il a obtenu des composés cycliques nouveaux, à noyau d'oxazoline, qui possèdent la propriété curieuse de se changer au contact des sels d'argent en bases argentiques sulfurées, à un ou deux atomes de métal, dont les nitrates sont généralement peu solubles dans l'eau. C'est là un caractère qui paraît appartenir à la plupart des polyalcools aminés, car on le retrouve dans l'aminopropanediol, qui est le premier terme de la série étudiée par M. Roux.

Si l'on remarque que, par leur formule et leur structure moléculaire, ces corps touchent de près aux groupes aminés qui entrent dans la composition des matières protéiques, on comprendra facilement l'intérêt qui s'attache à leur examen ; aussi ne saurions-nous trop engager M. Roux à persévérer dans la voie qu'il vient d'ouvrir avec succès et qui nous semble devoir être fructueuse ; peut-être y trouvera-t-on enfin l'explication du rôle que jouent les sucres réducteurs dans la synthèse naturelle des albuminoïdes.

L. Maquenne,
Professeur au Muséum.

3° Sciences naturelles

Cruls (Dr Luiz). — **Limites entre o Brazil e a Bolivia** (*Relatio apresentado ao Exm. Sr. Dr O. de Malgalhães*). — *1 vol. de* 134 *pages. Imprimerie Nationale, Rio de Janeiro*, 1902.

M. Cruls, l'éminent directeur de l'Observatoire de Rio de Janeiro, nous communique son Rapport au Ministre des Affaires étrangères du Brésil, sur l'exploration et la détermination des coordonnées géographiques de la principale source du *rio Javary*, affluent de la rive droite de l'Amazone, et limite commune entre le Brésil, le Pérou et la Bolivie.

Cette détermination a été faite par une Commission mixte, nommée par le Brésil et la Bolivie, en exécution d'un traité de limitation. Elle a été, de Rio de Janeiro aux sources du Javary, l'occasion de recherches variées, dont nous ne pouvons relater ici que les principales. La Mission quitta Rio de Janeiro le 4 janvier 1901 ; à bord d'un aviso de guerre, elle remonta le Solimôès jusqu'au fort de Tabatinga, puis le Javary jusqu'à sa confluence avec le Galvey, à 450 milles de l'embouchure du Javary. La baisse des eaux, qui, à cette époque de l'année (juin), avait atteint son maximum, força la Mission d'abandonner l'aviso et d'opérer la navigation en canots. Fréquents furent les échouages, par suite du défaut d'eau et d'obstacles tels que grands troncs d'arbres obstruant la rivière d'une rive à l'autre.

C'est seulement après deux mois de navigation dans ces conditions que la Mission parvint au voisinage des Sources. L'exploration se poursuivit ensuite par terre et en pleine forêt. Le 16 août, elle arriva à un mille de la source principale ; elle y campa jusqu'au 28 août. Ce séjour fut mis à profit pour déterminer les coordonnées géographiques, pour lesquelles on trouva les valeurs suivantes :

Latitude : 7°6'55",3 Sud.

Longitude : 73°47'30",6 O. de Greenwich.

Une fois atteint ce but principal, la Mission suivit, pour revenir, le même itinéraire qu'elle avait parcouru à l'aller ; elle fut de retour à Rio de Janeiro le 1er novembre.

Les mauvaises conditions climatériques de la région parcourue éprouvèrent durement le personnel pendant le voyage de retour ; les fièvres, le terrible béri-béri, enlevèrent à la Mission l'un de ses membres, le capitaine de frégate brésilien Carlos Accioli, le capitaine du contingent militaire, et une vingtaine d'hommes faisant partie de ce contingent ainsi que de l'équipage de l'aviso. Le chef de la Mission, lui aussi, fut atteint d'un violent accès de fièvre, qui lui fut presque fatal.

Néanmoins, les savants explorateurs ont pu rapporter de précieux documents sur le cours du Javary, dont ils ont relevé les multiples sinuosités, sur ses affluents péruviens et brésiliens, sur les Indiens qui en habitent les rives. La partie la plus importante de leurs études concerne la détermination des coordonnées géographiques, notamment celles de Tabatinga, de la confluence du Galvey et du Jaguirina (haut Javary) et de la source principale du Javary. Leur Rapport mentionne soigneusement les résultats respectivement obtenus par la Section brésilienne et la Section bolivienne de la Mission mixte, et la moyenne de ces résultats.

L. O.

Beille (Dr L.), *Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux*. — **Recherches sur le développement floral des Disciflores.** (*Thèse pour le Doctorat de la Faculté des Sciences de Paris*). — *1 brochure in-8° de* 177 *pages, avec* 118 *figures dans le texte. J. Durand, éditeur, Bordeaux*, 1903.

L'auteur s'est proposé de reprendre l'étude comparée du développement des divers verticilles floraux dans le groupe important des Thalamiflores-Disciflores. Pensant avec juste raison que, d'une part, la méthode employée exclusivement par Payen, et qu'il appelle *organogénie macroscopique*, est insuffisante pour établir l'origine réelle de certaines pièces florales, et que, d'autre part, la méthode anatomique ou *histogénèse*, telle que l'a exposée Van Tieghem, fournit des résultats qui ne sauraient être d'application générale, M. Beille s'est résolu, dans ses recherches, à employer concurremment les deux méthodes d'investigation.

Il fait d'abord remarquer que, seuls, les matériaux vivants fournissent des éléments de travail convenables et irréprochables.

Pour l'étude histologique, il fixe les échantillons récoltés très jeunes dans un liquide à peu près semblable à celui de Carnoy, puis éclaircit à l'aide du chloral.

Il expose brièvement, mais clairement, les détails de la technique employée et termine sa première partie par un exposé succinct de la classification des Disciflores de Bentham et Hooker.

Dans l'étude spéciale qui constitue la deuxième partie du Mémoire, il passe en revue le développement floral de quarante-cinq espèces, appartenant à trente-trois genres et à douze familles : Euphorbiacées, Rutacées, Térébinthacées, Rhamnées, Ampélidées, Célastracées, Staphyléacées, Ilicinées, Méliacées, Coriariées, Acéracées, Sapindacées.

Les sépales, les pétales, les feuilles carpellaires, tirent leur origine d'une cellule superficielle du périblème ; il en est de même pour les étamines, mais le mamelon staminal se distingue nettement sur les coupes sous la forme d'un V à sommet intérieur. D'abord entièrement cellulaires, ces appendices sont bientôt pourvus d'un système conducteur, dont les éléments apparaissent dans la région centrale, se différencient de la base vers le sommet et se rattachent plus tard aux faisceaux du pédicelle.

Un des points controversés du développement de l'androcée de quelques-unes de ces familles, l'obdiplostémonie, devait intéresser particulièrement l'auteur. Quand les étamines externes alternent avec les pétales (*diplostémones*), elles sont indépendantes de la corolle ; dans le cas spécial assez fréquent où *ces mêmes étamines externes* (*obdiplostémones*) *sont oppo-*

sées aux pétales, elles prennent naissance aux dépens d'un même mamelon méristématique. Dans ce mamelon, on voit se différencier une portion staminale et une portion pétalaire.

Une autre conclusion se dégage de ces recherches : c'est que, dans toute fleur obdiplostémone, les étamines d'un même verticille, quand elles varient, le font simultanément et dans le même sens (dédoublement, raccourcissement, disparition).

Le disque réceptaculaire caractéristique du groupe apparaît en dernier lieu; il peut être comparé à une émergence où viennent s'accumuler les matières de réserve de la fleur.

Dans l'étude spéciale des espèces, l'auteur s'est attaché à quelques cas particuliers; c'est ainsi qu'il confirme la théorie du *cyathium des Euphorbes*. On se trouve bien là en présence d'une inflorescence, comme l'avaient avancé Lamarck et L. de Jussieu, et non d'une fleur, comme le pensaient divers observateurs plus récents. La fleur femelle centrale se développe la première, et chacun des groupes de fleurs mâles apparaît suivant l'ordre des bractées. L'articulation du filet staminal, qui est, en réalité, le pédicelle d'une fleur monandre, se forme de la même manière que celle que l'on rencontre sur le pédoncule floral d'autres Euphorbiacées ou sur les fleurs hermaphrodites d'autres Disciflores.

Tous les faits observés dans le cours du développement des espèces étudiées ont permis à l'auteur d'exposer avec détails une organogénie comparée de la fleur chez les Disciflores. C'est cette étude que l'on trouve au début de la troisième partie, qui se termine par un essai taxinomique et les conclusions générales.

De nombreuses figures schématiques ou réelles rendent facile la compréhension, parfois délicate, des faits, et il convient de féliciter l'auteur d'avoir apporté à la Systématique végétale des bases solides de classification et à l'Anatomie des faits souvent des plus intéressants en ce qui concerne les rapports et l'origine des différentes pièces des verticilles floraux.

EMILE PERROT,
Professeur à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

4° Sciences médicales

Broca (A.), *Chirurgien de l'Hôpital Tenon, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.* — **Précis de Chirurgie cérébrale.** — 1 *vol. in*-16 *de* 488 *pages avec* 56 *figures.* (*Prix* : 6 *fr.*) *G. Masson, éditeur. Paris*, 1903.

Qui aurait pensé, il y a seulement vingt ans, que la chirurgie du cerveau pourrait faire l'objet d'un *Précis* à l'usage des étudiants et des praticiens? Malgré la découverte des localisations cérébrales, que les travaux d'Hitzig, de Ferrier, de Charcot et de son Ecole avaient déjà singulièrement développée, le champ d'action de la Chirurgie n'avait pas paru s'en être notablement élargi. La trépanation, en dehors de certaines applications très restreintes, restait une curiosité opératoire, dont les chances de succès, restées médiocres, ne tentaient pas le clinicien. Il a fallu le génie de Horsley, physiologiste et chirurgien, l'audace de Maceveu, la précision anatomique et la technique rigoureuse de A. Broca, pour créer de toutes pièces cette chirurgie cérébrale, à laquelle ce dernier, en collaboration avec Maubrac, élevait un premier monument dans une importante monographie, publiée en 1896, et à laquelle la *Revue* a consacré, en son temps, une analyse détaillée.

Aujourd'hui, M. Broca estime que la chirurgie cérébrale est actuellement assez au point pour mériter une étude didactique; il pense que la question est assez claire pour prendre rang parmi celles auxquelles on consacre un précis élémentaire. Il suffit de parcourir son livre pour y trouver la justification de ces deux assertions.

L'ouvrage débute par des généralités. Trois chapitres sur l'anatomie des circonvolutions, la topographie cranio-cérébrale, les localisations cérébrales résument, avec une clarté accessible à tous, l'état de nos connaissances sur ces points. Les indications cliniques, le manuel opératoire, les dangers de l'intervention terminent cette première partie.

Dans la seconde, l'auteur passe en revue toutes les lésions intra-craniennes relevant de la chirurgie ou pour lesquelles la question d'une intervention a été posée. Nous trouvons successivement : les lésions traumatiques, récentes ou anciennes; les lésions consécutives aux otites moyennes suppurées, d'autant plus importantes que, méconnues, elles entraînent souvent la mort et que, diagnostiquées en temps opportun, elles guérissent, presque toujours, par l'opération; les tumeurs intra-craniennes, les lésions cérébrales diverses (hémorragies, abcès, méningite aiguë ou subaiguë, paralysie générale); l'hydrocéphalie, la microcéphalie et l'idiotie; les troubles fonctionnels, épilepsie, psychoses, céphalalgie; l'encéphalocèle. Pour chaque groupe de lésions M. Broca s'est attaché à éclaircir la séméiologie, à mettre en lumière les éléments du diagnostic et les indications de l'intervention, en soumettant les résultats à une critique sévère. Mais il a surtout cherché à simplifier la technique opératoire, et cela par l'application d'une méthode anatomique stricte.

En dépit de son titre modeste, le précis de M. Broca reste donc une œuvre originale. Pour l'écrire, il fallait plus qu'une connaissance approfondie de la littérature : il fallait avoir acquis une expérience personnelle considérable, avoir vu et opéré une quantité de malades. Mais son livre a encore une autre originalité : la clarté. Elle règne sans conteste de la première ligne à la dernière : elle rend, même pour le profane, la lecture aisée, en dépit de l'aridité présumée du sujet.

Dr GABRIEL MAURANGE.

5° Sciences diverses

Bérard (Victor). — **Questions extérieures** (1901-1902). — 1 *vol. in*-12 *de* 321 *pages.* (*Prix :* 3 fr. 50.) *Librairie Armand Colin. Paris*, 1903.

Les questions de politique extérieure comportent tant d'éléments difficiles à saisir, et supposent le jeu de tant d'égoïsmes ayant intérêt à se dissimuler, que l'on n'en connaît en général que la surface. Et quelle surface, même pour les plus importantes : des bruits vagues de ce qui se passe dans le secret des diplomaties, des faits dénaturés, et entre lesquels le lien réel n'apparaît pas! Cette simple et banale constatation suffit à établir l'utilité, l'attrait véritable que présente le livre récent de M. Victor Bérard. Il y a réuni des études écrites au mois le mois pour les lecteurs de la *Revue de Paris.* L'ensemble constitue une revue complète, sincère et autorisée, vers la date de juillet-août 1902, des « intérêts permanents et des problèmes durables » qu'offre l'état du monde contemporain. Quiconque ouvrira le livre, le lira certainement avec un plaisir soutenu jusqu'à la fin, et pourra se dire renseigné.

Je noterai d'abord qu'il se dégage du volume une constatation, peu nouvelle sans doute, mais sur laquelle on ne saurait trop insister. C'est le point de vue des intérêts économiques qui inspire et qui conduit maintenant la politique étrangère des nations; si bien qu'en ce qui concerne l'Europe, l'histoire extérieure actuelle a surtout pour théâtre les océans et les pays neufs d'outre-mer et d'Asie. Si l'on met à part les Balkans, nid privilégié des discordes, c'est au loin que les peuples luttent aujourd'hui pour l'existence, — ceux-là tout au moins qui peuvent ambitionner une des premières places, ou qui ne viennent pas d'entrer seulement, comme la Suède, comme en dernier lieu l'Espagne, en période de transformation intérieure.

Je me ferais scrupule d'affaiblir en les analysant ici, et en faisant parmi eux un choix forcé, les faits soli-

dement établis dans l'ouvrage de M. Bérard. Mais je voudrais, pour chaque étude, dégager l'idée dominante.

Le récent démêlé entre la France et la Turquie, à propos des créances Lorando-Tubini et du rachat des quais de Constantinople à la Société Française, a montré, prouve M. Bérard (*Créances et routes turques*), que notre politique et celle de la Russie ne peuvent pas toujours s'accorder sans difficultés dans la question d'Orient. Derrière les revendications soulevées par notre diplomatie, les Russes en ont redouté d'autres, que tout le monde attendait, mais que le Gouvernement français n'a point osé mettre en avant : celles qui se rattachent au protectorat des chrétiens de l'Empire Turc, y compris les Arméniens. Or, nos alliés, qui sont pour le *statu quo* dans les Balkans (ainsi que le fait voir, d'ailleurs, la nature de leur intervention actuelle en ce qui concerne la Macédoine), n'apparaissent nullement comme de fervents défenseurs de l'intégrité de la Turquie d'Asie : ils ambitionnent la Grande Arménie, région stratégique au premier chef, et chemin du golfe d'Alexandrette. Et c'est pourquoi ils n'ont donné qu'à la dernière minute, après les autres puissances, leur approbation au coup de main de l'amiral Caillard contre Mitylène. C'est pourquoi encore, et jusqu'au dernier moment, ils ont manœuvré pour obtenir que le chemin de fer transanatolien passât, selon le tracé adopté, loin de Diarbékir, par Konieh et Adana, pour atteindre la Mésopotamie.

De l'étude consacrée par M. Bérard à *Panama* ressortent d'abord les remarquables résultats obtenus par la « Compagnie nouvelle du Canal », fondée en 1894, au moyen de capitaux français. Le projet définitif est non seulement trouvé, mais en partie réalisé déjà; c'est celui d'une voie à écluses, alimentée par des retenues d'eau dans le haut bassin de certains torrents de l'isthme; à la fin de 1902, l'altitude du seuil à franchir était ramenée à 45 mètres. Mais, à mesure que la nouvelle société s'affirmait davantage comme tout à fait supérieure à l'aventureuse « Compagnie Universelle », il a été curieux, pour les initiés, d'assister à ce que l'auteur nomme, après un publiciste anglo-saxon, la « farce américaine ». Tout en continuant à s'occuper à grand bruit du canal de Nicaragua, auquel, d'ailleurs, M. Bérard prouve qu'ils n'ont jamais pensé sérieusement, les États-Unis ont pris vis-à-vis de l'Angleterre toutes leurs précautions pour se réserver la garde militaire du futur chemin interocéanique (traité Hay-Pauncefote de 1901). Puis, le vote du Sénat américain en faveur du tracé par l'isthme de Panama (juin 1902) est intervenu à point nommé, quand les négociations avec la Compagnie française, à court d'argent, avaient été déjà très avancées en sous-main. L'Union maîtresse du canal interocéanique, comme elle l'est déjà virtuellement des Antilles, c'est un nouveau danger qui se forme pour l'Empire Britannique; et la récente affaire du Venezuela vient d'attester que, même avec l'aide de l'Allemagne, elle le conjurerait difficilement. Mais c'est aussi un nouveau recul que subit la France, qui se retire après avoir assuré le succès de l'œuvre, malgré ses intérêts commerciaux dans les pays du Sud-Amérique voisins de l'isthme, malgré les besoins de sa situation politique dans le Pacifique.

Dans l'étude consacrée à *la Tripolitaine*, l'auteur expose les motifs pour lesquels la France a eu raison d'abandonner ce pays aux ambitions italiennes, et les raisons de tout ordre, on pourrait dire les titres qu'a l'Italie pour vouloir s'y établir. Il est évident, entre autres considérations, que le voisinage de cette puissance dans le nord de l'Afrique se concilie fort bien avec les droits de la France sur le Sahara, et même avec la construction du Transsaharien, contre lequel M. Bérard met, du reste, en avant les fortes objections déjà formulées par tant de nos « Africains ». On sera de même convaincu, après lecture de ces pages, que les Turcs sont hors d'état, quoi qu'on en ait dit, de défendre la Tripolitaine. Mais on pensera que l'auteur oublie trop le point de vue des précautions à prendre de notre part, dans l'éventualité d'un protectorat italien à Tripoli. Les coloniaux français de tous les partis les ont indiquées, et l'on sait que leur minimum consiste : dans la cession, à la France, de Ghat et de Ghadamès, qui nous sont indispensables pour exercer nos droits de police dans le désert; dans une entente complète et loyale en face des nomades (et pour leur bien); dans une promesse de neutralité, pour le jour où s'ouvrira la question du Maroc. Etant donné le grand nombre des sujets italiens résidant en Tunisie, nous ne défendrons jamais trop notre prépondérance dans l'Afrique du Nord : nous l'avons largement payée, et justifiée par assez de bienfaits; elle est, en outre, une des conditions essentielles pour que nous restions une grande puissance.

Trois chapitres sur *le traité anglo-japonais de mars 1902*, sur *la guerre Sud-Africaine*, sur *l'Angleterre et la paix*, forment, par leur réunion, un tableau d'ensemble de la politique britannique depuis trois ans. Ils sont la suite naturelle du livre bien connu, précédemment publié par M. Bérard : *L'Angleterre et l'Impérialisme*. Un fait essentiel se dégage de ces trois articles, et explique bien des contradictions apparentes dans les derniers rapports de l'Angleterre avec les puissances. C'est l'antagonisme entre « la politique pacifique et chinoise de Manchester et la politique impérialiste et africaine de Birmingham » (p. 139), antagonisme qui se produit, comme l'on sait, jusque dans le sein du cabinet actuellement aux affaires. Ce point de vue, déjà établi dans « l'Angleterre et l'Impérialisme », est vraiment fécond, et M. Bérard en a tiré le meilleur parti. Il est permis, toutefois, de trouver que l'auteur ne s'est pas assez défendu de jugements trop entiers, à propos de la guerre sud-africaine. Par cela même qu'elle a été une guerre d'impérialisme britannique, elle ne peut pas être considérée comme le type achevé, comme « le chef-d'œuvre » des entreprises coloniales actuelles. C'est peut-être un peu l'entraînement des mots qui a conduit M. Bérard à écrire que « toutes les nations chrétiennes ont remis en honneur la barbarie à la fin du XIXe siècle » (p. 190), ou que « toutes ont à leur actif quelque belle tuerie savamment préparée et exécutée de sang-froid » (p. 191). Entre les entreprises coloniales françaises, tout au moins, et les britanniques, il n'y a pas une différence de degré, mais de nature : nous ne donnons pas à l'expansion le même but, et nous ne lui assignons pas les mêmes procédés que nos voisins; nous ne combinons pas des massacres, en invoquant avec plus ou moins de conviction notre supériorité de race; nous ne faisons jamais que des exécutions indispensables.

Le chapitre IV, la *Royauté Espagnole*, paraîtra sans doute l'un des plus nouveaux du livre pour le grand nombre des lecteurs français. A qui ne suit pas de près les publications économiques, n'a pu se révéler encore l'éveil de l'Espagne, que la perte de ses dernières grandes colonies va forcer à vivre davantage par elle-même, et à tirer enfin parti de ses ressources naturelles. L'activité agricole, industrielle, minière, que ne connaissaient jusqu'ici que quelques régions du littoral, se manifeste depuis trois ou quatre ans sur presque toute la périphérie des plateaux castillans. M. Bérard analyse heureusement les conditions de cet essor plein de promesses, et fait connaître aussi les obstacles qu'il rencontre dans la machine parlementaire et constitutionnelle espagnole. L'inertie, le mauvais vouloir, pourrait-on dire, de la partie gouvernante de la nation, survivront-ils longtemps à l'exploitation des colonies sur laquelle son pouvoir était fondé ? Les troubles quotidiens qui éclatent en Espagne donnent à cette question un singulier intérêt, et à toute l'étude de M. Bérard une portée véritable.

J. Machat,
Agrégé d'Histoire et de Géographie,
Professeur au Lycée de Bourges.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 6 Juillet 1903.

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de **M. J. W. Gibbs,** Correspondant pour la Section de Mécanique.

1° Sciences mathématiques. — **M. E. Blutel** démontre que, si deux surfaces S et S_1 ont même représentation sphérique de leurs lignes de courbure, les deux développables normales à deux lignes de première courbure correspondantes C et C_1 sont homothétiques. — **M. de Séguier** communique ses recherches sur les groupes de Mathieu, qui complètent certains résultats partiels obtenus par M. Frobenius. — **M. S. Zaremba** étudie les fonctions fondamentales de M. Poincaré et la méthode de Neumann pour une frontière composée de polygones curvilignes. — **M. J. Mascart** a déterminé les perturbations séculaires d'importance secondaire que Jupiter peut faire subir à une petite planète. — **M. G. Eiffel** déduit de ses expériences sur la résistance de l'air deux conséquences importantes relatives au coefficient K qui désigne la pression par mètre carré à la vitesse d'un mètre par seconde. Ce coefficient croît avec la surface; à surface égale, il augmente avec le périmètre. — **M. J. Boussinesq** présente ses recherches sur un mode simple d'écoulement des nappes d'eau d'infiltration à lit horizontal avec rebord vertical tout autour, lorsqu'une partie de ce rebord est enlevée depuis la surface jusqu'au fond. — **M. Laussedat** décrit un moyen rapide d'obtenir le plan d'un terrain en pays de plaines, d'après une vue photographique prise en ballon.

2° Sciences physiques. — **M. Ariès** démontre la proposition suivante : Si un système, placé dans un milieu à la température et à la pression duquel il reste constamment soumis, vient à subir un changement spontané, grâce à la suppression de certaines liaisons qui empêchaient ce changement, quand un nouvel état d'équilibre sera établi, le potentiel de ce système aura diminué. — **M. Ch.-Ed. Guillaume** : Conséquences de la théorie des aciers au nickel (voir p. 705 et 764). — **M. l'abbé Rousselot** a déterminé, au moyen du grand tonomètre universel de Kœnig, les caractéristiques des voyelles dans divers dialectes. — **M. Houllevigue** a étudié l'action de l'iode sur les pellicules de cuivre obtenues par ionoplastie. La plus petite molécule de cuivre capable de réagir chimiquement sur la vapeur d'iode a des dimensions de l'ordre de 40 $\mu\mu$; son poids est de l'ordre de 5.10^{-13} milligramme. — **M. A. Leclère** propose de substituer l'acide formique à l'acide nitrique dans l'analyse des silicates pour la précipitation des sels basiques : sesqui-oxydes comme l'alumine, ou bioxydes comme la silice. — **M. J. Aloy** a produit rapidement de l'acide hydrosulfureux par l'action d'une solution alcoolique de gaz sulfureux sur le soufre. La présence de l'alcool et de sels neutres augmente la stabilité de cet acide; celle des acides et l'action des rayons solaires facilitent sa décomposition. — **M. A. Villiers** a étudié les phénomènes qui se produisent dans un mélange d'hydracides et d'alcool ayant atteint l'équilibre correspondant à une température donnée lorsqu'on l'abandonne à des températures inférieures. — **M. P. Lemoult,** en faisant réagir la potasse alcoolique sur l'éthylène tribromé et fractionnant au moment de la préparation, a obtenu l'acétylène bibromé pur, dont la complexité moléculaire et la teneur en Br correspondent à la formule CBr : CBr. — **M. J. Schmidlin,** en faisant réagir le sodium sur le tétrachlorure de carbone et la benzine chlorée, a obtenu du diphényle, du triphénylméthane et un peu d'hexaphényléthane. — **MM. Chrétien** et **Guinchant** ont mesuré les chaleurs de combinaison de l'acide ferrocyanhydrique avec l'éther (11 calories) et avec l'acétone (9,7 calories). — **MM. A. Haller** et **F. March** poursuivent l'étude de l'action de l'épichlorhydrine sur les éthers acétonedicarboniques sodés. — **MM. L. Bouveault** et **G. Blanc** : Préparation des alcools primaires au moyen des acides correspondants (voir p. 836). — **M. L. Brunel** : L'oxyde d'éthylène du β-cyclohexanediol-1 : 2 (voir p. 836). — **M. Ch. Blarez** attire l'attention sur la teneur en acides solubles dans l'éther comme moyen de différenciation des vins mistelles et des autres vins. — **MM. Em. Bourquelot** et **H. Hérissey** ont rencontré, dans les plantes, la lactase accompagnant l'émulsine (amandes diverses de Rosacées), l'émulsine sans lactase (*Aspergillus niger*, feuilles de laurier-cerise) et enfin la lactase sans l'émulsine (képhyr) : tous ces faits sont d'accord avec l'hypothèse de l'individualité des deux ferments. — **M. R. Sazerac** a constaté qu'il existe, dans certains vinaigres, une bactérie oxydante, toute différente de la bactérie du sorbose, et capable d'oxyder rapidement la glycérine pour la transformer en dioxyacétone; cette bactérie se distingue des microbes des vinaigres décrits jusqu'ici par son faible pouvoir acétifiant. — **M. L. Maquenne** a étudié la rétrogradation de l'empois d'amidon, due à une transformation de l'amidon, qui tend à prendre la forme de l'amylodextrine. Cette transformation est progressive; sa vitesse décroît avec le temps; elle est de nature purement chimique, indépendante de l'intervention de tout enzyme ou microorganisme. — **M. L. Lindet** a étudié les transformations des hydrates de carbone de l'orge au cours de la germination industrielle. L'orge et le malt ne renferment que deux gommes, l'α-galactane et la β-amylane. A aucun moment de la germination, l'orge ne renferme de maltose. — **M. H. Cousin** a reconnu qu'il existe dans la lécithine de l'œuf, outre les lécithines déjà déterminées (stéarique, oléique et palmitique), un produit du même ordre dérivé de l'acide linoléique. — **M. M. Nicloux** a constaté que la glycérine injectée dans le sang disparaît avec une très grande rapidité; elle est éliminée par l'urine en proportion notable et cela dans un temps relativement court. Il se fait, au niveau du rein, une sélection de la glycérine d'une intensité très grande. — **MM. J.-E. Abelous** et **H. Ribaut** ont reconnu que la production d'H^2S par les extraits d'organes, seuls ou additionnés de soufre, ne saurait être considérée comme un phénomène de nature diastasique. Les matières albuminoïdes possèdent à des degrés divers le pouvoir de dégager H^2S quand on les chauffe, soit seules, soit en présence de soufre. — **M. F. Maignon** a observé que les tissus des vers à soie et des jeunes chrysalides ne renferment pas de glucose. Le sucre fait son apparition dans les tissus de l'animal vers la fin du stade chrysalidaire et augmente ensuite constamment.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Laveran** a constaté que le sérum humain, injecté à des animaux atteints de nagana, de surra ou de caderas, fait disparaître temporairement, parfois même d'une façon définitive, les trypanosomes qui sont les agents pathogènes de ces maladies. — **M. C. Maltézos** a observé une espèce d'oscillation de la perception chromatique dans la vision. — **M. F. Marceau** a reconnu que la transition entre les fibres cardiaques des Vertébrés inférieurs et celles des Vertébrés supérieurs s'établit par l'intermédiaire de celles des Chéloniens et des Crocodiliens. — **M. Ed. Grynfelt** montre que la présence de cellules

d'été dans la capsule surrénale des Amphibiens ne paraît bien établie jusqu'à présent que dans le genre *Rana*, et peut-être pas dans toutes les espèces. — M. **E. Bataillon** a mis en évidence le rôle très net de la déshydratation dans la segmentation parthénogénétique et l'avantage du contact permanent de la solution saline ou sucrée à la concentration minima où elle soit encore efficace. — M. **H. Matte** a observé, chez les Cycadacées, que les traces foliolaires ne sont réellement unifasciculées que dans le genre *Cycas*; ailleurs, elles sont plus ou moins plurifasciculées. — M. **L. Guignard** communique quelques observations sur la formation du pollen chez les Asclépiadées. — M. **E. Haug** montre qu'il existe, dans le Sahara oranais, deux niveaux fossilifères bien définis du Dévonien supérieur. Leurs affinités paléontologiques avec les couches du même âge de l'Allemagne centrale sont tout à fait remarquables. — M. **P. Bois** a reconnu qu'à partir de l'époque paléolithique, le bassin de la Meuse française a éprouvé des variations considérables, qui ont laissé de profondes empreintes sur la physionomie actuelle du pays. — M. **J. Thoulet** établit que l'eau de mer ne saurait être considérée comme de l'eau distillée contenant en solution une quantité plus ou moins considérable d'un même mélange de sels.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 30 *Juin* 1903.

M. **Chauvel** présente un rapport sur un travail de M. **de Lapersonne**, relatif aux paralysies traumatiques des muscles de l'œil d'origine orbitaire. L'auteur signale plusieurs cas, où, à la suite d'une simple contusion du rebord orbitaire, sans plaie cutanée, on a constaté une paralysie ordinairement localisée à un seul muscle; elle est le plus souvent curable. — M. **A. Chauffard** présente le Rapport de la Commission chargée d'étudier le mode de préparation des solutions chloruro-sodiques gélatinées injectables. La Commission propose la règle suivante, qui est adoptée : Les solutions auront comme formule un titrage de 1 et de 2 °/ₒ de gélatine, dans une solution chlorurée sodique titrée à 7 °/ₒₒ. La solution devra être stérilisée par fractions de 150 centimètres cubes, à l'autoclave, dans la vapeur d'eau sous pression, à 115° et pendant une durée de 30 minutes. — M. **A. Laveran** analyse un travail de M. **Cazalbou** relatif à un trypanosome du dromadaire au Soudan français. Les dromadaires sont sujets, dans ce pays, à une maladie enzoomatique nommée *mbori*, qui produit la mort en deux à huit mois après une anémie progressive. L'auteur a trouvé dans le sang des animaux malades un trypanosome qui paraît être le *Tr. Brucei*. — M. **H. Huchard** résume ses recherches sur la médication hypotensive, destinée à combattre les trois hypertensions : artérielle, pulmonaire et portale. Il étudie l'effet des divers agents hygiéniques ou physiques (régime alimentaire, massage et mouvements musculaires provoqués, balnéothérapie) et des agents médicamenteux (iodures, nitrite d'amyle, trinitrine, tétranitrate d'érythrol, nitrite de soude, nitrite d'éthyle, théocine et théophylline, organothérapie). — M. **Guépin** lit un mémoire sur le diagnostic des prostatites aiguës.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 27 *Juin* 1903.

MM. **L. Lapicque** et **A. Mayer** ont observé une hyperglobulie du sang périphérique par l'action du froid dans trois expériences sur quatre. — M. **G. Loisel** a étudié l'évolution générale des élaborations graisseuses dans le testicule de quelques Sauropsidés. — M. **H. Cristiani** a constaté que des petits morceaux de tissu thyroïdien détachés de l'organisme et exposés à l'air peuvent rester vivants pendant une dizaine de secondes tout au plus. — M. **Matsoukis** a reconnu à nouveau l'impossibilité de la vie après l'ablation complète des capsules surrénales, et la prolongation de la vie, au moins pendant quinze jours, par la greffe surrénale. — M. **A. Drzewina** a trouvé une assez grande proportion de *mastzellen*, réparties irrégulièrement, dans le ganglion lymphatique du *Didelphis lanigera*. — Mlle **J. Joteyko** suppose que l'état variable du courant galvanique agit comme un excitant principalement sur la substance fibrillaire anisotrope, tandis que le régime permanent agit comme excitant principalement sur la substance sarcoplasmatique. — M. **L. Nattan-Larrier** pense que la cellule hépatique du nouveau-né contient des substances de réserve qui, transformées sans doute en glycogène et en sucre, contribuent à la nutrition et à la thermogenèse du nouveau-né. — M. **Ribadeau-Dumas**, en provoquant chez le lapin et le cobaye une anémie suffisamment grave, a observé une hyperglycogenèse de la cellule hépatique. — MM. **J. Camus** et **P. Pagniez** ont reconnu que l'hémoglobine du muscle peut fixer une quantité importante d'oxyde de carbone. — M. **E. Brumpt** signale une relation étroite entre la distribution de la maladie du sommeil et celle de la mouche tsé-tsé. — M. **G. Malfitano** est parvenu à obtenir une protéase microbienne capable d'opérer l'albuminolyse d'une albumine assez profondément modifiée par la chaleur. Il a pu aussi faire varier le pouvoir albuminolytique indépendamment du pouvoir gélatinolytique dans des préparations de protéase issues des mêmes cellules. La protéase agit sur la gélatine mieux que le suc pancréatique, mais moins que celui-ci sur l'albumine. — MM. **A. Gilbert** et **P. Lereboullet** et Mlle **Stein** ont reconnu qu'il existe une cholémie physiologique du nouveau-né, assez intense quoique remarquablement tolérée; elle entraîne secondairement une cholémie maternelle d'origine fœtale, qui reste toutefois peu marquée. — M. **J. Noé** a constaté que l'adaptation fonctionnelle des organes peut être déduite non seulement de leur étude morphologique, chimique et physiologique, mais encore de la marche de leur évolution. — M. **Ch. Féré** a étudié l'influence de l'éclairage coloré sur le travail. — M. **Ch.-A. François-Frank** décrit une technique simple pour l'exploration des vaisseaux mésentériques sanguins et chylifères au moyen de la photographie instantanée, et il indique quelques-uns des résultats obtenus. — M. **V. Galippe** rappelle le danger des infections d'origine buccale et les suites très graves qu'elles peuvent avoir pour l'organisme entier. — MM. **Ch. Porcher** et **Ch. Hervieux** confirment les résultats de M. Maillard, d'après lesquels l'oxydation instantanée de l'indoxyle donne du bleu, l'oxydation lente du rouge. — MM. **V. Henri** et **Larguier des Bancels** décrivent une méthode générale pour l'étude du mécanisme de l'action des ferments, qui repose sur la mesure des vitesses de deux réactions catalytiques isolées et de leur mélange et qui permet de décider si l'on a un seul ou deux catalysateurs. L'action de la trypsine se produit avec formation de combinaison intermédiaire entre la trypsine et la gélatine (ou la caséine) et c'est celle-ci qui se décompose en régénérant le ferment et donnant lieu aux produits de la réaction. — MM. **V. Henri** et **S. Lalou** ont obtenu des résultats analogues aux précédents dans l'étude de l'action de l'émulsine sur la salicine et l'amygdaline.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 16 *Juin* 1903.

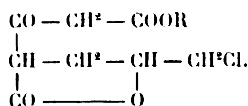
MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil** ont étudié la structure nucléaire d'un infusoire parasite des Actinies, le *Fœttingeria actiniarum*. — M. **P. Stephan** a observé que le développement des spermies apyrènes de *Murex brandaris* correspond dans ses grandes lignes à celui des spermies oligopyrènes de *P. vivipara*. — M. **J. Cotte** montre que les lipochromes sont des composés cholestériques, aussi bien chez les animaux que chez les végétaux. — M. **Alezais** considère comme ayant une réelle valeur fonctionnelle, pour indiquer un grimpeur ou un fouisseur, la présence d'une apophyse coronoïde sur le cubitus. — MM. **A. Raybaud** et **Ed. Hawthorn** décri-

vent une méthode simple pour la ponction capillaire du cœur chez le cobaye. — **M. M. Arthus** : Injections répétées de sérum de cheval chez le lapin (voir p. 692). — **MM. Battesti** et **Barraja** ont trouvé, dans les reins humains, de nombreux ferments solubles tous actifs, tels que la sucrase, l'amylase, la caséase et des oxydases diverses. Ils ont aussi toujours observé la présence d'albumine dans les urines après l'absorption de certains médicaments dédoublables par les ferments solubles du rein.

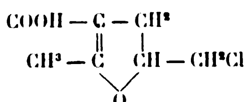
SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 10 Juillet 1903.

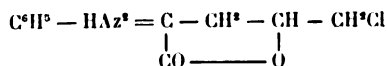
M. F. March, au nom de **M. A. Haller** et au sien, communique une étude de l'action de l'épichlorhydrine sur les éthers acétonedicarboniques sodés, qui donne naissance à des cétolactones chlorées de formule :



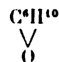
Ces lactones se transforment par éthérification en dérivés dihydrofurfuraniques, qui, par saponification, fournissent d'abord l'éther, puis l'acide α-chlorométhyl-α'-méthyl-αβ-dihydrofurfurane-β'-carbonique :



Ces cétolactones fournissent également des semicarbazones et des dérivés métalliques. Le sel de Na, en particulier, réagit avec les chlorures de diazobenzène et de p-diazotoluène; la molécule se scinde avec départ de $COOH.CH^2.COOR$ et formation d'une hydrazone :



La saponification par l'eau, en présence de CO^3K^2, fournit l'alcool $CH^3.CO.CH^2.CH^2.CHOH.CH^2OH$, déjà préparé par MM. Traube et Lehmann par saponification de l'acétyl-chloro-γ-valérolactone. — **M. Bouveault**, au nom de **M. G. Blanc** et au sien, expose une nouvelle méthode de préparation des alcools primaires, basée sur la réduction des éthers-sels au moyen de sodium et d'alcool absolu. L'opération se fait suivant l'équation : $R.CO^2R' + 4Na + 2C^2H^5OH = R.CH^2ONa + R'ONa + 2C^2H^5ONa$. Cette méthode a été appliquée à des éthers des acides acétique, butyrique, valérianique normal, octanoïque, décanoïque, laurique et myristique et a permis d'obtenir avec de bons rendements les alcools correspondants. Le benzoate d'éthyle n'est pas modifié par ce traitement, tandis que l'hexahydrobenzoate et le phénylacétate fournissent respectivement les alcools hexahydrobenzylique et phényléthylique. Les éthers des acides non saturés conservent, en général, leur double liaison, sauf quand elle se trouve en position αβ par rapport au carboxyle; elle est alors réduite. L'allylacétate d'éthyle et l'oléate d'éthyle fournissent les alcools allyléthylique et oléique, tandis que le cinnamate d'éthyle donne l'alcool phényléthylique, le β-hexylcrotonate et le β-isohexylcrotonate d'éthyle, le 3-méthylnonanol et le 3 : 7-diméthyloctanol. Les éthers des acides-alcools et des acides cétoniques ne semblent pas se prêter à la réaction, sauf les éthers β-cétoniques, qui sont à la fois dédoublés et réduits suivant l'équation : $CH^3.CO.C(RR')CO^2C^2H^5 + Na^4 + 3C^2H^5OH = CH^3.CO^2C^2H^5 + RR'.CH.CH^2ONa + 3C^2H^5ONa$. La réaction, qui s'opère parfaitement avec les éthers acétylacétiques disubstitués, se fait moins complètement avec les éthers monosubstitués. Elle a été faite avec les éthers isobutyl et allylacétylacétiques, qui ont fourni les alcools isohexylique et allyléthylique, et avec l'éther méthylpropylacétylacétique, qui a conduit à l'alcool méthylpropyléthylique. Enfin, la réduction des éthers des acides bibasiques fournit des glycols biprimaires avec de bons rendements; elle se fait assez mal avec les éthers de la série adipique, qui jouissent de la propriété de se condenser sous l'influence du sodium. On a ainsi réduit les éthers des acides α-diméthylsuccinique, α-diméthylglutarique, adipique, β-méthyladipique, subérique et sébacique. Tous ces corps sont distillables dans le vide ; les derniers sont bien cristallisés. — **M. Béhal** a utilisé la méthode de **MM.** Bouveault et Blanc pour obtenir l'alcool campholénique à partir du campholénate d'éthyle inactif. Le rendement du premier jet en alcool a été de 50 °/₀ du chiffre théorique. Le reste est transformé en campholénate de sodium, d'où l'on peut régénérer l'acide campholénique à l'état de pureté. L'alcool campholénique, isomère du bornéol, bout à 216-217° ; sa densité à 0° est de 0,9231 ; son indice de réfraction à 20° est de 1,47101. Il fournit avec les anhydrides d'acides des éthers; l'éther formique bout à 216-217°; il est obtenu avec l'anhydride mixte formique-acétique; l'éther acétique bout à 228-229°. Sous l'influence de l'ébullition avec de l'acide sulfurique à 5 °/₀, l'alcool campholénique donne naissance à l'oxyde éthylénique correspondant, Eb. 178°. Sous l'influence de l'acide chlorhydrique, cet oxyde se transforme en carbures, d'où, jusqu'ici, l'auteur n'a pu séparer de produit bouillant à point fixe. — **MM. Moureu** et **Valeur** ont repris l'étude de la spartéine. Ils ont confirmé pour cet alcaloïde la formule $C^{15}H^{26}Az^2$ proposée par Stenhouse en 1851, et montré que la formule en C^{16} de Gerhardt est inadmissible. Ils établissent, en outre, que la spartéine est une diamine ditertiaire, qu'elle n'est pas méthylée à l'azote, et que la dihydrospartéine d'Ahrens n'existe pas et doit être rayée de la littérature classique. — **M. Brunel** a poursuivi l'étude de l'oxyde d'éthylène du β-o-cyclohexanediol, dont il avait signalé précédemment la formation dans la préparation de ce glycol. Pour préparer cet éther-oxyde, on traite à basse température la monoiodhydrine $OH.C^6H^{10}.I$ en solution éthérée par KOH pulvérisée. Le composé ainsi obtenu



est un liquide incolore, d'odeur et de saveur fortes, bouillant à 131°5 à la pression ordinaire, insoluble dans l'eau. Ses réactions sont analogues à celles du premier terme connu : l'oxyde d'éthylène du glycol. Hydrogéné par le procédé de **MM.** Sabatier et Senderens, il donne l'hexahydrophénol $C^6H^{11}.OH$. Chauffé en vase clos en présence d'eau, il produit le β-o-cyclohexanediol. Traité à 100-115° par une solution aqueuse de bisulfite de sodium, il fournit un cyclohexanolsulfonate de sodium $OH.C^6H^{10}.SO^3Na$. — **M. Sazerac** étudie une bactérie oxydante trouvée dans un vinaigre, et son action sur l'alcool et la glycérine. Cette bactérie, toute différente par sa forme et l'apparence de ses cultures de la bactérie du sorbose, donne, comme celle-ci, en oxydant la glycérine, de la dioxyacétone. Elle se différencie, en outre, des microbes des vinaigreries décrits jusqu'ici par son faible pouvoir acétifiant. L'auteur propose de ranger cette bactérie dans la classe des microbes oxydants, en dehors des microbes acétifiants par excellence, tels que le *Mycoderma aceti*. — **M. F. Taboury**, à propos d'une note parue dans le numéro du *Bulletin* du 5 juillet, dit qu'il a fait connaître à la Société chimique, dans la séance du 29 mai 1903, les premiers résultats qu'il avait obtenus par l'action du soufre et du sélénium sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes. Une note de MM. Henry Wuyts et Cosyns venant d'être publiée sur le même sujet dans le dernier *Bulletin de la Société chimique* (t. XXIX, p. 689), il se voit dans l'obligation de faire connaître les nouveaux résultats qu'il a obtenus depuis sa première

communication. Ceux-ci sont consignés dans le tableau suivant :

DÉRIVÉS halogénés primitifs	PRODUITS SULFURÉS OBTENUS	
$C^6H^5CH^2Cl$	$C^6H^5-CH^2-SH$	$C^6H^5-CH^2-S-S-CH^2-C^6H^5$
$C^6H^4 \langle Br (1), Br (4)$	$C^6H^4 \langle SH (1), Br (4)$	$C^6H^4Br-S-S-C^6H^4Br$
$C^6H^4 \langle Br (1), Cl (4)$	$C^6H^4 \langle SH (1), Cl (4)$	$C^6H^4Cl-S-S-C^6H^4Cl$

Il étudie en ce moment l'action du soufre et du sélénium sur le naphtalène et les phénols halogénés.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

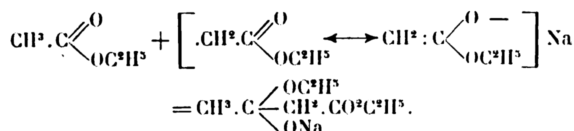
Séance du 12 Juin 1903.

M. S. P. Thompson exécute quelques expériences sur les ombres dans un faisceau astigmatique de lumière. Il donne une formule simple pour trouver l'ombre d'un barreau placé en un point quelconque de l'axe d'un faisceau astigmatique. — **MM. F. T. Trouton** et **E. S. Andrews** décrivent une méthode pour déterminer la viscosité de substances analogues à la poix Un couple de torsion constant est appliqué à un cylindre de la substance et le degré de rotation des deux extrémités est observé ; de celui-ci et des dimensions du cylindre, on déduit la viscosité au moyen d'une formule trouvée par les auteurs. On a constaté que : 1° le coefficient de viscosité des corps analogues à la poix est une fonction du temps; 2° en faisant cesser le couple, il se produit un flux dans la direction opposée qui diminue graduellement jusqu'à zéro avec le temps. — **M. O. W. Richardson** communique ses expériences sur l'ionisation positive produite par le platine chaud dans l'air à basse pression. En étudiant le rapport entre le courant d'un fil de platine chaud positivement chargé et la f. é. m. qui lui est appliquée à basse pression, l'auteur a observé que la valeur du courant diminue avec le temps, les autres conditions restant constantes. Le courant diminue d'abord rapidement jusqu'à une valeur assez stable, qui ne diminue plus que lentement. En appelant C_0 cette valeur relativement stable, on trouve que la valeur de C au temps t est donnée par l'équation $C - C_0 = Ae^{-kt}$, où k et A sont des constantes. L'auteur montre que c'est la forme qu'on doit obtenir si la perte $C - C_0$ est produite par la décomposition monomoléculaire de quelque substance donnant naissance à des ions positifs.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 17 Juin 1903 (suite).

MM. A. C. O. Hann et **A. Lapworth** ont constaté que la synthèse de l'éther acétoacétique est essentiellement le résultat d'un processus d'addition dans lequel un composé organo-métallique s'additionne au groupe carbonyle d'un éther :



— **MM. T. H. Easterfield** et **B. C. Aston** ont déterminé la constitution de la résine de *rimu* (*Dacridium cupressinum*), conifère de la Nouvelle-Zélande. Elle contient 75 % d'un acide cristallin, l'*acide rimuique*, F. 192°-193°, de formule $C^{10}H^{20}O^2$, donnant un sel de baryum bien défini. Il est lévogyre; $[\alpha]_D = -159°$ dans une solution alcoolique à 10 %. — Les mêmes auteurs ont étudié l'amande du noyau du fruit du *karaka* (*Corynocarpus laevigata*), employée comme nourriture par les Maoris. Fraîche, elle est amère et vénéneuse; mais cuite et bouillie avec de l'eau, elle perd ses propriétés toxiques. L'amande contient 15 % d'une huile non siccative; l'extrait aqueux renferme de la mannite, du mannose et du dextrose. L'extrait, distillé, donne beaucoup d'acide prussique; on en retire un glucoside amer, azoté, la *karakine*, F. 122°, de formule $C^{15}H^{24}Az^3O^{15}$. Un second glucoside, la *corynocarpine*, peut être obtenu en petite quantité en évaporant l'extrait aqueux et extrayant à l'éther; F. 140°. — **MM. W. A. Bone** et **R. V. Wheeler** ont étudié l'oxydation lente du méthane à basse température et y ont observé les stades suivants : 1° la formation simultanée de formaldéhyde et de vapeur d'eau par la réaction bimoléculaire $CH^4 + O^2 = CH^2O + H^2O$; 2° l'oxydation subséquente de la formaldéhyde en oxyde de carbone, anhydride carbonique et eau, qui est probablement le résultat des deux réactions suivantes : *a*) $CH^2O + O^2 = CO^2 + H^2O$ (bimoléculaire); *b*) $2CH^2O + O^2 = 2CO + H^2O$. — **MM. T. Purdie** et **J. C. Irvine**, en méthylant l'α-méthylglucoside par l'oxyde d'argent et l'iodure de méthyle, ont obtenu principalement le triméthyl-α-méthylglucoside, Eb. 167°-170° sous 17 millimètres. Une méthylation plus complète donne le tétraméthyl-α-méthylglucoside, Eb. 144°-147° sous 17 millimètres. Ce dernier, hydrolysé par HCl dilué, fournit le tétraméthyl-glucose, F. 81°-83°, dextrogyre, réduisant la liqueur de Fehling, donnant par oxydation l'acide tétraméthylgluconique. Le sucre de canne, par méthylation, donne une huile neutre, qui, par hydrolyse, fournit du tétraméthylglucose et un sirop incristallisable qui est probablement le tétraméthyllévulose. — **MM. T. Purdie** et **R. C. Bridgett**, en hydrolysant le triméthyl-α-méthylglucoside par HCl dilué, ont obtenu le triméthylglucose, Eb. 194° sous 9 millimètres, dextrogyre, réduisant la liqueur de Fehling, donnant par oxydation l'acide triméthylgluconique. — **M. H. Bassett jun.** a analysé une image égyptienne en bronze, très corrodée, trouvée dans le delta du Nil. La substance verte formée par la corrosion possède la composition d'un chlorure basique de cuivre, moins basique que l'atacamite. — **MM. G. G. Henderson**, **T. Gray** et **E. Smith**, en combinant le chlorure de chromyle avec le pinène, ont obtenu un composé solide $C^{10}H^{16}.2CrO^2Cl^2$, décomposable par l'eau en donnant un liquide huileux. Ce liquide renferme : 1° une aldéhyde saturée $C^9H^{15}.CHO$, F. 32°-33°, oxydable spontanément en un acide saturé, $C^9H^{15}.CO^2H$, F. 117°; 2° une cétone non saturée $C^8H^{14}.CO$, Eb. 206°-207°, donnant par oxydation avec l'hypobromite de Na du bromoforme et de l'acide *p*-toluique. — **MM. V. H. Veley** et **J. J. Manley** poursuivent l'étude des propriétés de l'acide nitrique concentré. La densité, la contraction, l'indice de réfraction et la conductibilité électrique varient uniformément avec la concentration de 78 à 92 % d'acide ; puis il se produit une variation, avec un maximum des propriétés à 96 %, cette concentration correspondant, d'après Hartley, à un acide de formule $3H^2Az^2O^6,H^3AzO^4$. Cet acide est considéré par les auteurs comme une sorte de solution eutectique. — **M. J. K. H. Inglis** détermine la quantité d'ozone dissoute dans une solution acide par la réaction : $O^3 + 2HBr = Br^2 + O^2 + H^2O$, le brome mis en liberté étant titré par l'iodure de potassium et le thiosulfate. La solution d'ozone dans l'eau ne peut pas se mettre en équilibre par rapport à ce gaz, une partie de ce dernier se décomposant en traversant la solution.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LONDRES

Séance du 25 Mai 1903.

M. H.-P. Pearson a exposé pendant douze mois des pièces de métal à l'action d'une solution alcaline d'hypochlorite de soude. Le fer est immédiatement attaqué

et il se dépose après quelques jours un précipité copieux d'hydrate ferrique; la solution devient rose, probablement à cause de la production de ferrates, puis cette coloration disparaît. Le zinc se recouvre peu à peu d'oxyde de zinc, le plomb de peroxyde puce de plomb.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 18 Juin 1903.

M. **F. R. Helmert** adresse une seconde Note sur la réduction à un niveau commun des accélérations de gravité observées à la surface terrestre. L'auteur confirme la réduction courante au niveau de la mer avec réduction normale des hauteurs, tant théoriquement qu'expérimentalement, par la théorie des équilibres de la croûte terrestre. Il fait voir, d'autre part, ce que la réduction à un niveau surmontant les montagnes les plus hautes a d'inadmissible.

Séance du 25 Juin 1903.

M. **W. von Bezold** présente un Mémoire, rédigé en collaboration avec le Professeur **Ad. Schmidt**, à Potsdam, et relatif à un projet d'étude magnétique d'un parallèle tout entier, en vue d'examiner les bases de la théorie du magnétisme terrestre de Gauss. Cette théorie, comme l'on sait, se base sur l'hypothèse que le champ magnétique terrestre possède un potentiel. Or, les conclusions tirées de cette hypothèse se sont montrées sensiblement exactes. Elles permettent de calculer, en partant d'observations qui s'étendent à une partie relativement petite de la surface terrestre, tant la grandeur que la direction des forces magnétiques, pour l'ensemble de la surface terrestre et de l'espace ambiant, et cela avec un degré de précision assez élevé. En dehors de l'importance scientifique de cette méthode, elle est encore d'une portée éminemment pratique, en raison des modifications incessantes que subissent les cartes magnétiques dont on se sert en navigation, modifications qui s'appuient sur un ensemble d'observations fort limité. Comme, cependant, l'accord de cette théorie avec l'expérience, bien que satisfaisant, n'est point absolu, la question se présentait de savoir si, en dehors du champ terrestre à potentiel, il n'y en a point un autre, beaucoup plus faible et qui ne satisfait pas cette condition. Le champ à potentiel pourrait se comparer à celui que produiraient des courants galvaniques fermés, dont le siège serait, pour la plus grande partie, en dedans ou en dessous de la surface terrestre et, pour une partie bien plus faible, en dehors de cette dernière, c'est-à-dire dans l'atmosphère. Si, en dehors de ces courants, il y en avait qui traversent la surface terrestre, ils donneraient naissance à des forces magnétiques dépourvues de potentiel ; dans ce dernier cas, l'hypothèse fondamentale de la théorie de Gauss ne serait plus rigoureusement exacte. Le moyen de vérifier s'il en est ainsi a été indiqué par Gauss lui-même, et M. von Bezold reprend cette idée du savant géomètre, en la développant. Il faudrait (si S représente la composante de la force magnétique suivant l'élément de ligne ds) qu'on formât l'intégrale $\int S ds$, étendue à un contour fermé dont le tracé se trouvât tout entier dans la surface terrestre ; cette intégrale devrait être égale à zéro si la théorie de Gauss était vraie. Dans le cas contraire, sa valeur donnerait la mesure de l'intensité des courants traversant cette portion de surface. C'est pourquoi les auteurs suggèrent l'idée d'entreprendre des mesures magnétiques étendues à un parallèle tout entier, idée qu'ils recommandent à l'attention de l'Association internationale des Académies. ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 12 Juin 1903.

M. **Fr. Heusler** a, dès le 18 juin 1901, déposé dans les Archives de la Société une Note relative à la découverte qu'il venait de faire des propriétés éminemment magnétiques de certains alliages de manganèse. Après que cette Note a été livrée à la publicité, au commencement de cette séance, l'auteur rend compte de la suite des recherches qu'il a faites sur l'objet précité, soit seul, soit en collaboration avec MM. **W. Stark** et **E. Haupt**. On sait que tant le manganèse pur que le manganèse-cuivre sont absolument dépourvus de magnétisme; or, en additionnant l'une ou l'autre de ces substances d'un des métaux ou métalloïdes qui suivent :

Zinc	Antimoine
Aluminium	Bismuth
Arsenic	Bore,

l'on donne naissance à un alliage plus ou moins fortement ferro-magnétique, mais exempt de fer. Chose intéressante, le traitement antérieur auquel l'alliage a été soumis affecte à un degré considérable les phénomènes magnétiques qu'il présente. C'est ainsi que les alliages manganèse-aluminium-cuivre sont amenés, par un « vieillissement » préalable à la température de 110°, à un état d'équilibre stable, celui d'aimantabilité maxima. La valeur numérique de cette dernière augmente, du reste, pour des taux croissants d'aluminium, jusqu'à la composition correspondant à des quantités atomiquement égales de manganèse et d'aluminium. Ces résultats prennent un intérêt spécial lorsqu'on les rapproche des recherches de MM. **G. Wiedemann**, Quincke, Du Bois et d'autres expérimentateurs, recherches démontrant que les solutions aqueuses des sels manganiques présentent une susceptibilité magnétique supérieure à celle des sels ferriques correspondants. L'auteur est amené, par cette analogie frappante, à assimiler ces mangano-alumino-bronzes à des solutions salines où le cuivre jouerait le rôle de dissolvant, la combinaison précitée de quantités atomiquement égales de manganèse et d'aluminium celui de sel dissous. Les points de transition au delà desquels les alumino-mangano-bronzes perdent leurs propriétés magnétiques sont relativement bas; ils s'élèvent, d'ailleurs, pour des taux croissants, soit en aluminium, soit en manganèse. Comme en ajoutant d'autres métaux on donne lieu à une dépression notable des points de transition, on est en mesure de varier ces derniers à volonté, dans un intervalle de 60 à 310°. Ces bronzes sont mauvais conducteurs de l'électricité, des échantillons de la composition (26,5 °/₀ de Mn; 14,6 °/₀ de Al) présentant à peu près la même conductivité que la manganine. Les alliages où l'aluminium est remplacé par l'antimoine, le bismuth ou l'étain présentent une perméabilité bien inférieure.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 Mai 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. P. H. Schoute présente au nom de M. **W. A. Versluys** : *Les singularités de la courbe focale d'une courbe gauche*. Il y a quelque temps, l'auteur a publié un mémoire faisant connaître les formules exprimant les singularités de la surface développable focale et de la courbe focale d'une courbe plane en fonction des singularités de celle-ci (*Rev. gén. des Sc.*, t. XIII, p. 1211). Il démontre maintenant que les singularités de la surface développable focale et de la courbe focale d'une courbe gauche s'accordent en nombre avec celles de la courbe plane qui forme la projection centrale de la courbe gauche, le centre et le plan de projection étant choisis arbitrairement.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **H. W. Bakhuis Roozeboom** : *Les lignes d'ébullition du système soufre et chlore*. Les systèmes binaires, caractérisés par la formation d'une quantité plus ou moins considérable de molécules complexes, ont été examinés plusieurs fois par rapport aux équilibres entre les phases solide et fluide; par contre, ils n'ont été étudiés que très rare-

ment par rapport aux équilibres entre fluide et vapeur. C'est pourquoi l'auteur s'est proposé d'élucider ce rapport chez les lignes de tension de la vapeur et les lignes d'ébullition par une série d'exemples, différant entre eux par la nature et la quantité des molécules complexes. Le premier de ces exemples est fourni par le système soufre + chlore; le diagramme de la figure 1 en fait connaître les lignes d'ébullition, déterminées par M. A. Aten. A l'état liquide, le soufre et le chlore sont miscibles en toute proportion. Si le mélange ne contenait pas de molécule complexe, on trouverait deux lignes d'ébullition régulières, assez éloignées l'une de l'autre au milieu, à cause de la différence considérable entre les points d'ébullition. Mais il se forme dans ces mélanges une substance de composition très stable S^2Cl^2. Si cette substance était parfaitement stable, ce qui exigerait que la substance ne se composât que de molécules S^2Cl^2, le fluide et la vapeur s'accorderaient

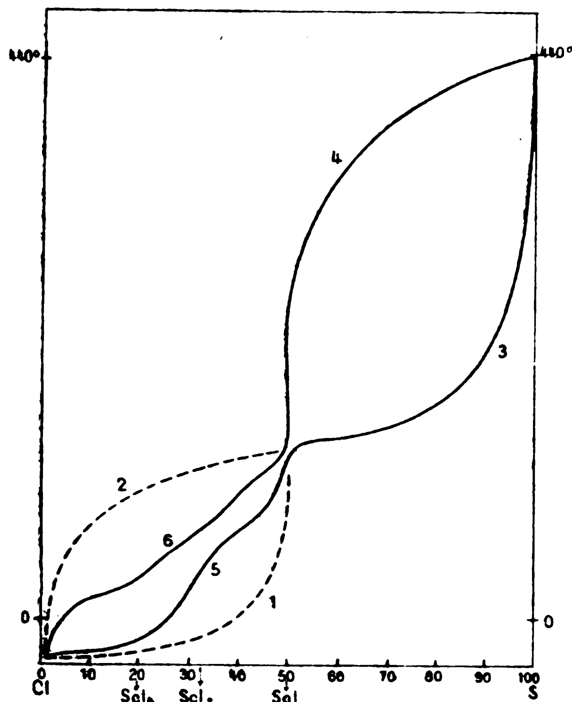


Fig. 1. — *Lignes d'ébullition du système soufre-chlore.*

en composition à ce point, et le système S+Cl serait en réalité la combinaison des systèmes $S + S^2Cl^2$ et $S^2Cl^2 + Cl^2$, représenté par une figure dont les lignes de fluide et de vapeur ne se joindraient pas d'une manière continue à la composition de S^2Cl^2. On sait que la dissolution de S^2Cl^2 sous forme de vapeur est très faible; donc, on pouvait s'attendre à trouver une transition continue du système S+Cl à la composition SCl, de telle manière que le fluide et la vapeur se réuniraient à peu près en ce point. C'est ce qu'on voit arriver pour les lignes de fluide 1,3 et les lignes de vapeur 2,4 du diagramme. Peu s'en faut que les lignes 1 et 2 d'un côté et les lignes 3 et 4 de l'autre ne se réunissent au point correspondant à la composition SCl; seulement, en réalité, il y a continuité ici, ce qui montre que la substance S^2Cl^2 n'est pas parfaitement stable, ni à l'état de fluide, ni à l'état de vapeur. Les systèmes binaires admettant des compositions plus dissociées fourniront des couples de lignes à une plus grande déviation. Leurs lignes de fluide et de vapeur se présenteront de plus en plus dans la forme que possèdent ici les deux moitiés. L'étude de l'auteur a mis au jour une particularité de la moitié inférieure. Les lignes d'ébullition 1,2 ne sont rigoureuses que pour des mélanges dont la composition se trouve entre Cl et SCl et qui viennent d'être préparés avec S^2Cl^2 et Cl^2 fluides. Ces mélanges conservent très longtemps la couleur jaune à des températures inférieures à zéro et admettent alors les lignes d'ébullition 1,2. A des températures plus élevées, au-dessus de 40° même assez vite, on voit la couleur se transformer en rouge sanguin, surtout chez les mélanges voisins de la composition SCl^4. Alors les points d'ébullition s'élèvent considérablement, jusqu'à 70° environ, de manière que la ligne 5 fait connaître les points d'ébullition définitifs. En même temps, la ligne de vapeur 2 est remplacée par la ligne 6. Ces lignes d'ébullition définitives 5 et 6 se trouvent plus près l'une de l'autre que les lignes 1 et 2; de plus, elles ont une forme assez irrégulière. Il n'est pas possible de décider si ces irrégularités sont dues seulement à la formation de SCl^4 ou si d'autres molécules complexes entrent encore en jeu. La formation de molécules complexes se trahit par un changement de la couleur et une décroissance du volume. L'auteur se propose de l'étudier quantitativement. — MM. **S. Hoogewerff** et **W. A. van Dorp** : *Sur les combinaisons des cétones non saturées avec des acides.* Inspirés par les publications de MM. Baeyer et Villiger (voir e. a. *Berichte d. Deutsch. chem. Gesells.*, t. XXXV, p. 1189) et de MM. Vorlaender et Mumme (*Berichte d. Deutsch. chem. Gesells.*, t. XXXVI, p. 1470), MM. Hoogewerff et van Dorp font connaître les résultats de leur étude, se rapportant à plusieurs cétones; ces résultats ne s'accordent que partiellement avec ceux de MM. Vorlaender et Mumme. — MM. **P. Zeeman** et **J. Geest** : *La réfraction double dans un champ magnétique à la proximité des composantes d'un quadruplet.* Dans cette étude nouvelle, faisant suite à un travail antérieur de M. Zeeman (*Rev. gén. des Sc.*, t. XIII, p. 752), les auteurs se proposent d'examiner les phénomènes qui se présentent quand on passe de densités de vapeur extrêmement petites à des densités plus grandes; ici, ils se bornent d'abord à des densités extrêmement minimes à la proximité de la raie D_1, divisée par un champ magnétique en quatre composantes. Le réseau dont ils se sont servis et la disposition astigmatique, encore nécessaire ici, ont été décrits auparavant. La lumière de l'arc électrique ou du Soleil traversait successivement : un nicol, dont le plan de vibration faisait un angle de 45° avec l'horizon, le champ magnétique, dont les lignes de force sont normales au rayon de lumière, et un second nicol, croisé avec le premier. Entre les deux nicols était placé le compensateur de Babinet, de telle sorte que les arêtes des deux prismes occupent une position horizontale. L'image du compensateur se projetait sur le plan de la fente de l'appareil spectral; au milieu de cette image, on voit la bande obscure centrale d'interférence environnée des bandes colorées. Dans l'appareil spectral, on aperçoit un couple de bandes obscures horizontales d'interférence, et, aussi longtemps que le champ n'est pas excité, les raies d'absorption très fines de la vapeur. Ordinairement, la raie renversée du sodium s'accuse déjà dans le spectre de l'arc électrique, et alors la présence de vapeur de sodium entre les pôles n'a aucun effet. Afin d'obtenir le degré de clarté des bandes d'interférence nécessaire pour cette partie de l'expérience, les auteurs ont essayé plusieurs compensateurs. Ils ont trouvé des résultats assez satisfaisants avec un condensateur dont l'angle des prismes était de 50 minutes. La lumière parcourait une flamme d'oxygène sur une longueur de 1,5 centimètre. Dans le cas d'un champ de 23.000 unités C. G. S. et d'une flamme ne contenant qu'une trace de sodium, l'image observée prenait la forme de la moitié gauche de la figure 2. Déjà, il y a quelque temps, M. W. Voigt a communiqué aux auteurs ce que sa théorie exige dans le cas d'un quadruplet. On y arrive sans peine en appliquant une approximation très utile; seulement à cause de l'intervention de constantes dont la valeur n'est pas connue, il n'est pas tout à fait sûr que cette approximation soit permise. Sous cette réserve, la

moitié droite représente le phénomène. Les droites pointillées verticales indiquent les quatre composantes du quadruplet. — **M. Roozeboom** présente au nom de **M. J. J. van Laar** : *Les lignes de fusion d'alliages.* Troisième communication (pour les parties précédentes, voir *Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, pp. 112 et 408). Considérations en rapport avec les résultats précédents. Les cas argent-plomb, argent-étain. La position du point d'inflexion de la courbe de fusion. — M. Roozeboom présente au nom de **MM. A. Smits** et **L. K. Wolff** : *La vitesse de réaction de l'oxyde de carbone.* Suite d'une communication précédente. Les conclusions sont : 1° La transformation de CO en CO^2 et C se fait monomoléculairement aux températures étudiées de 256°, 310°, 340°, 445° ; 2° A 445°, la réaction est irréversible ; 3° La constante de l'équilibre n'a pas été déterminée, parce qu'on trouvait d'autres valeurs pour K à mesure qu'on s'occupait de CO ou de CO^2+C. — M. H. A. Lorentz présente au nom de **M. A. Pannekoek** : *Quelques remarques sur la réversibilité de mouvements moléculaires.* Les considérations de l'auteur ont trait à la question de l'impossibilité d'une explication mécanique de la Nature. La Mécanique s'occupe des mouvements de parties concrètes ou de masses continues ; on peut se demander si tous les phénomènes de la Nature peuvent être expliqués à l'aide de ces mouvements. Il ne s'agit que de savoir si les phénomènes de la Nature montrent des propriétés particulières excluant en général la possibilité d'une description mécanique. Une propriété qui semble admettre ce caractère, c'est la non-réversibilité des phénomènes naturels. En étudiant si cette apparence s'accorde avec la réalité, on n'a qu'à s'occuper de la forme la plus simple sous laquelle cette non-réversibilité se présente : la seconde loi de la Théorie mécanique de la Chaleur, dont M. Poincaré prétend qu'elle exclut tout à fait la possibilité d'une explication mécanique du Monde. Les mouvements dont s'occupe la Mécanique sont réversibles ; on n'y rencontre que des forces qui dépendent de la position, donnent lieu à des relations entre les dérivées des ordres zéro et deux du temps t ; le changement du signe de t n'influence pas ces relations. Les cas du frottement où la première dérivée d'après t entre dans les équations ne sont plus des cas purement mécaniques, parce qu'il s'y dégage de la chaleur. La question de savoir si la non-réversibilité des phénomènes naturels exclut décidément la possibilité d'une explication mécanique doit être résolue négativement, si l'on réussit à donner une description mécanique d'un processus non-réversible, typique et simple, c'est-à-dire si l'on peut indiquer un cas déterminé d'un processus non-réversible composé de mouvements purement mécaniques. C'est M. Boltzmann qui a indiqué un tel cas de forme abstraite : le cas d'un gaz parfait, composé de sphères parfaitement élastiques, qui ne sont soumises à d'autres forces que celles qui se présentent durant le choc de deux corpuscules. Il démontra que la fonction $H = \int f \log f dw$, où $f dw$ représente le nombre des molécules dont les points de vitesse se trouvent dans l'élément de volume dw du diagramme de vitesse, ne peut pas s'accroître à cause des chocs. Cette fonction, prise avec le signe négatif, représentant en même temps le logarithme de la probabilité d'une distribution déterminée de vitesses, Boltzmann énonce ce résultat sous cette autre forme que les chocs successifs des corpuscules d'un gaz le transforment continuellement dans une condition de plus en plus vraisemblable. Voici donc un phénomène composé de parties purement mécaniques, admettant une variation dans une direction déterminée. Ici M. Pannekoek entre en quelques détails en rapport avec les difficultés et les doutes soulevés par M. Boltzmann lui-même. — M. H. Kamerlingh Onnes présente au nom de **M. J. E. Verschaffelt** : *Contribution à la connaissance de la surface ψ de van der Waals.* 7. L'équation d'état et la surface ψ à la proximité immédiate de la condition critique pour des mélanges binaires dans le cas où l'une des deux substances ne se présente qu'en petite quantité. Quatrième communication (Voir *Rev. gén. des Sc.*, t. X, p. 844, t. XIII, p. 1048, t. XIV, p. 471). 17. Le diagramme α,β. 18. La valeur numérique des quotients différentiels réduits. Les résultats de M. Verschaffelt s'accordent tout à fait avec ceux de M. Korteweg (*Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, p. 343).

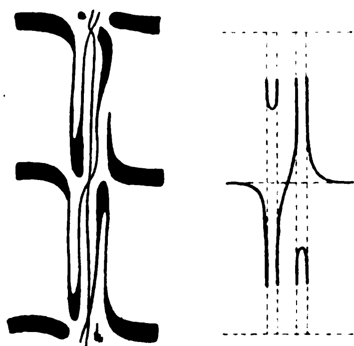


Fig. 2 — *Réfraction double dans un champ magnétique à proximité des composantes d'un quadruplet.*

3° Sciences naturelles. — M. H.-J. Hamburger présente au nom de **M. E. Hekma** : *Sur le dégagement de la trypsine du trypsinogène.* M. Heidenhain a démontré en 1895 que la trypsine du pancréas ne se présente pas dans cette glande sous la forme du ferment achevé détruisant l'albumine, mais dans un état préliminaire auquel il a donné le nom de « zymogène ». Comme on connaît maintenant plusieurs autres enzymes sécrétés dans un état préliminaire, il vaut mieux remplacer « zymogène » par « trypsinogène » ou par « protrypsine ». Le dégagement de la trypsine a-t-il lieu dans la glande elle-même ou dans l'intestin? D'après MM. Camus et Gley et M. Delezenne ordinairement, d'après M. Papielski toujours le dernier cas se présente. Et alors se pose une seconde question : De quelle manière ce dégagement s'effectue-t-il? Il n'y a pas longtemps qu'on attribuait cette action au suc gastrique exclusivement ; mais, dans les derniers temps, surtout après les expériences du physiologiste russe Pawlov, le suc intestinal en a été considéré aussi comme un facteur. M. Hekma examine la valeur relative de ces deux causes ; il étudie la réaction de l'acide chlorhydrique. M. Heidenhain remarque, à la fin de ses expériences, que les extraits de la substance pancréatique par la glycérine montraient des réactions beaucoup plus violentes, si l'on ajoutait à la substance d'abord de l'acide acétique et ensuite de la glycérine. M. Hekma a pu vérifier cette observation ; seulement il trouve qu'elle ne s'applique qu'aux extraits de la glande par la glycérine et non pas à des extraits aqueux ou au suc glandulaire sécrété par pression. — M. K. Martin présente au nom de **M. Eug. Dubois** : *Argile à cailloux profonde attribuée à une époque glaciaire récente du sol de la Hollande septentrionale.* — M. C. Winkler présente au nom de **M. J.-K.-A. Wertheim Salomonson** : *Une nouvelle loi d'irritation.* Sixième communication. — **M. C.-A.-J.-A. Oudemans** présente, aussi au nom de **M. C.-J. Koning** : *Sur une Sclerotinia (Sclerotinia Nicotianæ Oud. et Koning) inconnue jusqu'à présent, nuisible à la culture du tabac.* 1. Visite aux champs de culture. 2. Examen de la maladie. 3. Expériences de culture de *Sclerotinia nicotianæ*. 4. Recherches anatomiques. 5. Recherches biochimiques. 6. Indications pour prévenir la propagation de la maladie. — M. C.-A. Pekelharing présente au nom de **MM. M.-C. Dekhuyzen** et **P. Vermaat** : *L'épithélium de la surface de l'estomac.* — M. A.-A.-W. Hubrecht présente, au nom de **M. H.-F. Nierstrasz**, pour les Mémoires de l'Académie : « Das Herz der Solenogastren » (Le cœur des Solénogastres). Sont nommés rapporteurs MM. Hubrecht et C.-A. Hoffmann.   P.-H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Pari — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Décès de MM. Common et Deichmüller. — On annonce la mort du Dr Common, ancien président de la *Royal Astronomical Society*, célèbre surtout par ses admirables photographies de nébuleuses (et notamment sa grande photographie de la nébuleuse d'Orion), et celle du Professeur Deichmüller, de Bonn, dont les travaux d'observation (et notamment son catalogue des zones) ont rendu de grands services à l'Astronomie.

§ 2. — Astronomie

Une nouvelle comète. — La troisième comète nouvelle de cette année (1903 *c*) a été découverte à Marseille, le 21 juin dernier, par M. Borelly. Sa position était alors : ascension droite = 21^h52^m; déclinaison australe = 8°10'. Son déplacement diurne apparent est d'environ 53 secondes et de 48 minutes vers le Nord; sa grandeur est voisine de la 8e. Elle a un noyau et une queue dont M. Götz a réussi à prendre le 26 juin, à l'Observatoire de Königstuhl, une excellente photographie; elle montre que la queue de la comète est double, la plus longue branche ayant environ 40 minutes de longueur et la plus courte 20 minutes; celle-ci est d'ailleurs plus brillante; elle a une courbure légèrement parabolique dont la convexité est tournée vers le Nord.

Les éléments de la comète, calculés par M. Fayet, viennent d'être publiés. Il en résulte que la comète se déplace lentement vers le Nord; d'autre part, son éclat augmente et il n'est pas impossible qu'elle devienne bientôt visible à l'œil nu.

Température des étoiles. — MM. Wien, Lummer, Pringsheim, etc., ont, à maintes reprises, étudié les lois du rayonnement. Par la répartition de l'énergie dans le spectre du corps rayonnant va-t-on posséder une méthode pour déterminer la température des astres? C'est ce que pense M. Harkanyi, en utilisant les nombreuses mesures photométriques des spectres stellaires faites par Vogel. Il suffit alors d'adopter l'équation de Wien :

$$\lambda T = \text{const.},$$

T étant la température absolue et λ la longueur d'onde du maximum d'énergie, et, si l'on remarque que la constante est respectivement égale à 2.940 et à 2.630 pour le corps noir et pour le platine poli, on va pouvoir — avec quelques précautions sur lesquelles il est inutile d'insister ici — obtenir deux limites entre lesquelles il y a espoir d'enfermer la température cherchée.

La température du Soleil paraît alors une température moyenne parmi celles des étoiles; quelques-unes sont sensiblement plus chaudes; d'autres, au contraire, relativement froides. Arcturus, Aldébaran ne dépassent guère la température de 2000°.

Si de telles extrapolations sont un peu hardies, les résultats, du moins, sont intéressants, et la Spectroscopie nous offre une nouvelle application très heureuse.

Les canaux de Mars. — La dernière séance de la *Royal astronomical Society* de Londres a donné lieu à une fort intéressante discussion sur cette question si controversée : les canaux de Mars existent-ils réellement sur cette planète avec l'aspect que certains observateurs (malheureusement trop rares) ont cru pouvoir leur assigner, ou bien ne sont-ils, comme on l'a suggéré, que des phénomènes purement subjectifs, dus à l'imperfection de notre rétine? M. Waiss a décrit une série d'expériences qu'il a faites sur ce sujet. On a pris une vingtaine de jeunes garçons de vue normale; puis, à des distances de chacun d'eux variant de 5 à 15 mètres, on a placé un dessin de Mars représentant les principales taches de cette planète, mais *sans les canaux*, et on leur a demandé de reproduire ce qu'ils voyaient. Or, à la suite d'un nombre très grand d'expériences, faites dans des conditions diverses, on est arrivé à ce résultat curieux que l'on voyait en moyenne, sur le dessin figuré de Mars, environ deux canaux lorsqu'on était à environ 5 mètres, et environ cinq canaux à une distance de 8 mètres; en s'éloignant davantage, on en voyait de moins en moins, et à 12 mètres on n'en observait plus. Il semble bien démontré par ces expériences que la réalité objective des canaux, tels que Schiaparelli les a dessinés, est fort douteuse; elles apportent un nouvel argument à l'explication des canaux de Mars proposée par M. Maunder, d'après

laquelle l'aspect de ces canaux serait dû à l'intégration par la rétine de détails de la surface martienne trop faibles pour être observés isolément, et qui, sur la rétine, donnent l'impression générale d'une série de lignes droites.

On ne saurait, en tout cas, être trop réservé quand il s'agit d'affirmer l'objectivité des canaux de Mars; il n'est peut-être pas inutile de rappeler, dans cet ordre d'idées, que M. Perceval Lewis avait cru découvrir dans la planète Vénus une série de canaux, dont la position invariable sur le disque avait conduit à penser que Vénus met à tourner sur elle-même un temps égal à celui de sa rotation autour du Soleil. Or, peu de temps après, M. Lowel reconnut qu'il s'était trompé et que les lignes qu'il avait cru observer sur Vénus avaient leur origine dans sa propre rétine.

§ 3. — Physique

Signaux en cas de brouillard. — Dans un Mémoire présenté à la *Society of Arts*, M. E. Price Edwards étudie la situation créée par le brouillard, obscurcissant les feux des phares, et nécessitant, comme moyen d'avertissement pour les navigateurs, l'emploi des signaux sonores; la question a été maintes fois posée déjà, mais les expériences faites l'été dernier à l'île de Wight apportent réellement quelques indications utiles.

Les essais effectués avec des appareils fondés sur le principe des instruments à anche ont montré que ces appareils restent très inférieurs, pour le but visé, aux sirènes. La sirène la plus favorable que l'on ait expérimentée est une sirène à air comprimé sous la pression de 3 kilogs par centimètre carré; nous n'entrerons pas ici dans les détails du mécanisme adopté. En outre, on a essayé une nouvelle trompette dessinée par Lord Rayleigh; celui-ci avait remarqué, en effet, que, avec les trompettes coniques à section circulaire habituellement employées, il y a tendance à l'interférence des ondes sonores, par suite de la différence de distance entre les parties les plus rapprochées et les plus éloignées de l'embouchure; pour remédier à cet inconvénient, lord Rayleigh donne au diamètre horizontal de l'embouchure la demi-longueur de l'onde sonore engendrée par l'instrument et il allonge le diamètre vertical : l'embouchure prend ainsi une section de forme elliptique, particulièrement favorable à l'émission du son — et les premiers essais ont donné de bons résultats.

D'ailleurs, on sait que les conditions atmosphériques ont une grande influence sur la propagation du son et sa portée : tel son, perceptible normalement à 30 kilomètres, ne porte plus qu'à 2 kilomètres avec un vent contraire et une mer un peu grosse. Heureusement, par temps de brouillard, c'est-à-dire précisément lorsqu'il est indispensable de recourir aux signaux sonores, la mer est généralement calme et la brise nulle ou très légère, conditions favorables à la propagation du son. De plus, il ne paraît pas du tout probable que les nuages acoustiques de Tyndall soient formés par les temps de brouillard; leur formation paraît devoir nécessiter un soleil chaud, produisant une évaporation intense à la surface de la mer, avec des zones de températures et de densités variables.

Enfin, les expériences de l'île de Wight ont mis en évidence deux irrégularités remarquables, dont aucune explication satisfaisante n'a pu encore être donnée. Tout d'abord on a constaté une sorte d'hiatus sur le passage du son, qui, cessant d'être perceptible à une certaine distance, redevenait très net si l'on s'éloignait davantage. Ces *silences*, tout comme le second phénomène des *échos*, sont favorisés par les conditions mêmes du brouillard, ou du moins par les mers calmes sans perturbations atmosphériques. Quant à ces puissants échos de la mer, ils peuvent décupler la durée du son primitif.

Tyndall suggérait que la durée de l'écho est une mesure de la profondeur atmosphérique d'où il vient, de sorte que la longueur et la puissance des échos pourraient fournir une indication générale à l'égard de la puissance de pénétration des sons des divers instruments.

Quelle est la note la plus convenable pour les sirènes? Une note aiguë par temps agité, grave par temps calme : la note de 98 vibrations par seconde paraît avoir donné un excellent rendement. Bien entendu, pour que le son ne soit pas discordant, il faut toujours *accorder* l'appareil producteur avec la trompette.

On voit qu'il s'agit là d'un ensemble fort intéressant d'expériences malaisées, qui seront continuées, espérons-le, et pourront rendre un service inestimable en augmentant la sécurité de la navigation.

Variations de poids temporaires du radium. — Dans son numéro du 30 novembre 1902, la *Revue* a signalé les expériences du Professeur Ad. Heydweiller, à Munster i. W., expériences dont il semblait résulter que les composés du radium subissent des variations de poids fort sensibles. Ces recherches étaient tout spécialement intéressantes en ce qu'elles faisaient entrevoir la possibilité d'expliquer les pertes de poids constatées, dans certaines réactions, par MM. Landolt et Heydweiller. Or, M. E. Dorn vient de répéter ces expériences avec un résultat tout à fait négatif; ses observations éliminent, en effet, pour la substance étudiée, la possibilité d'une perte de poids supérieure à 0,001 milligramme, dans l'intervalle de trois mois.

Il nous semble toutefois prématuré de tirer des conclusions générales de ces expériences, portant sur des cas spéciaux, par suite des diversités énormes constatées dans le caractère des différents échantillons de matières radio-actives. Comme, d'autre part, M. Heydweiller continue ses recherches dans ce domaine, on peut espérer voir cette question résolue avant longtemps.

Un corps dichrome. — On sait que les substances transparentes à absorption sélective présentent, pour des épaisseurs croissantes, des modifications plus ou moins profondes de la couleur. C'est ainsi que, par exemple, une solution de chlorophylle, sous une couche mince, possède une transparence verte, alors qu'on observe une coloration rouge pour des couches très épaisses. Un exemple intéressant est encore offert par la dissolution de vert « brillant » et de jaune de naphtol dans le baume de Canada, signalée par M. Wood.

Dans le numéro 19 de la *Physikalische Zeitschrift*, M. A. Pflüger indique un procédé pour produire ce phénomène d'une façon particulièrement éclatante. Il suffit de dissoudre une petite cuillerée de cyanine et de nitrosodiméthylaniline dans 20 centimètres cubes environ d'alcool. Cette solution, introduite dans une éprouvette, est transparente avec une magnifique coloration rouge, tandis que le ménisque et les couches minces adhérentes aux portions supérieures du verre présentent une teinte vert clair. En remplissant un vase à absorption d'une solution concentrée et en lui superposant, au moyen d'une pipette, un peu d'alcool pur, l'on voit la solution diluée formée en haut prendre une teinte verte, les portions inférieures étant rouges. Lorsque, au contraire, on verse une lame mince de la solution concentrée dans une solution diluée, la première se dessine en filets et en bulles rouge pourpre sur la solution verte diluée. Une solution, verte à la lumière du jour, se présente en rouge à la lumière d'une lampe et sans coloration bien marquée à celle d'un bec Auer. En regardant un paysage ou un tableau coloré, au travers de cette solution, l'on voit ressortir avec un éclat spécial les nuances vertes et rouges. Au travers d'un vase à absorption prismatique, on aperçoit de tout objet une image rouge et une seconde verte. Le liquide lui-même apparaît vert sur le bord du prisme et rouge à sa base.

Toutes ces expériences sont susceptibles d'être présentées à un grand auditoire, au moyen d'une lampe à projection. Elles s'expliquent par le fait que la

solution concentrée ne donne passage qu'au rouge extrême et à une bande étroite dans le vert ($\lambda = 481\,\mu\mu$). Cette bande verte s'élargit, à épaisseur ou concentration décroissante, plus rapidement que la bande rouge.

§ 4. — Électricité industrielle

La production de l'énergie pour l'industrie en Suisse. — On sait le rôle économique important joué par l'utilisation des chutes d'eau dans le développement industriel de la Suisse; nous avons déjà indiqué dans un précédent numéro les ressources considérables du pays à cet égard. Nous avons signalé qu'on pouvait évaluer à 105.000 kilowatts environ la production des usines hydroélectriques suisses, et à dix-neuf fois plus la puissance totale disponible et non encore utilisée.

TABLEAU I. — *Production de l'énergie par cantons.*

CANTONS	EAU	VAPEUR	EAU et vapeur	GAZ	EAU et gaz	EAU et pétrole
Argovie. . . .	21.800	»	680	»	»	»
Berne	18.200	»	1.900	»	»	68
Vaud	12.000	»	2.450	136	»	»
Valais	11.080	»	»	»	»	»
Genève	11.800	»	»	»	»	»
Zurich	2.100	534	4.450	1.220	»	95
Neufchâtel . .	5.300	230	2.180	»	»	»
Fribourg . . .	7.250	»	»	»	»	»
Soleure. . . .	5.960	»	»	»	»	»
Saint-Gall . .	4.400	»	200	»	340	»
Uri	4.750	»	»	»	»	»
Grisons. . . .	3.500	»	»	90	»	»
Bâle	»	1.500	41	950	»	»
Schaffhouse. .	2.440	»	»	»	»	»
Tessin	2.200	»	»	»	»	»
Lucerne . . .	260	»	1.900	»	»	»
Schwytz . . .	1.880	»	»	»	»	»
Zoug	820	»	370	»	»	»
Glaris	1.120	»	»	»	»	»
Unterwald . .	945	»	»	»	»	»
Appenzell. . .	330	»	»	»	»	»
Thurgovie . .	61	»	»	»	»	»

TABLEAU II. — *Utilisation de l'énergie par cantons.*

CANTONS	NOMBRE de chevaux produits par chaque canton	NOMBRE DE CHEVAUX fournis par d'autres cantons	NOMBRE total de chevaux
Argovie. . . .	22.650	»	22.650
Berne	20.500	»	20.500
Vaud	14 640	+ 1.960 de Fribourg	16.600
Valais	11.060	+ 2.120 de Vaud	13.200
Genève	11.800	»	11.800
Zurich	8.060	+ 340 d'Argovie	8.450
Neufchâtel . .	7.700	»	7.700
Fribourg . . .	7.250	»	7.250
Saint-Gall . .	6.910	»	6.910
Soleure. . . .	5.960	+ 190 d'Argovie	6 150
Uri	4.750	»	4.750
Grisons. . . .	3.560	»	3.560
Bâle	2.500	+ 900 d'Argovie	3.400
Schaffhouse. .	2.440	»	2.440
Tessin	2.200	»	2.200
Lucerne . . .	2.150	»	2.150
Schwytz . . .	1.880	»	1.880
Zoug	1.179	+ 21 de Zurich	1.200
Glaris	1.120	»	1.120
Unterwald . .	945	»	945
Appenzell. . .	530	»	330
Thurgovie . .	61	»	61

Des statistiques récentes nous permettent aujourd'hui de constater que toutes les régions de la Suisse ne sont pas également favorisées à cet égard.

Parmi les régions les plus industrielles, on peut signaler Zurich, Bâle, Lucerne, qui empruntent à la vapeur une partie notable de leur énergie : Bâle est même complètement tributaire de la vapeur et du gaz, et ne possède pas d'usines hydroélectriques importantes.

Le tableau I ci-contre met en regard les usines électriques des diverses régions avec les puissances respectives empruntées à l'eau, à la vapeur, au gaz et au pétrole.

Si les cantons d'Argovie et de Berne se disputent le premier rang au point de vue de l'utilisation hydroélectrique de leurs chutes, c'est celui des Grisons qui détient le record de la puissance hydroélectrique non utilisée : cette puissance est évaluée à 125.000 chevaux, et, par conséquent, atteint presque, à elle seule, une valeur égale à celle de l'énergie totale dérivée des chutes d'eau en Suisse.

Les chiffres des colonnes successives indiquent les nombres de chevaux produits à l'aide des différents agents énergétiques : eau, vapeur, etc.

Nous empruntons au journal Suisse *La Machine* le tableau II, qui donne non seulement l'évaluation des puissances électriques de chaque canton, mais qui mentionne encore ceux de ces cantons qui empruntent leur énergie à d'autres régions.

§ 5. — Chimie générale

Action de l'acide sulfurique sur le Platine. — Les données que l'on trouve à ce sujet dans la littérature chimique sont très contradictoires. D'après Lunge, le platine n'est attaqué que par l'acide impur; au contraire, d'après d'autres auteurs, l'acide très pur dissout aussi ce métal. Il résulte des recherches entreprises par M. Conroy[1] à la *United Alkali C°* que l'acide sulfurique pur bouillant dissout environ 20 milligrammes de platine par 100 centimètres cubes d'acide. La dissolution commence immédiatement et sa vitesse diminue progressivement; ainsi 100 centimètres cubes d'acide ont dissous : au bout de 3 h. 1/2, de 10 à 12 milligrammes; après 10 heures, 17 milligrammes; après 13 heures, 18; et après 20 h. 1/2, 20 milligrammes. La vitesse suivant laquelle se fait l'attaque dépend de la concentration de l'acide et de la température, mais les impuretés que renferme l'acide exercent également une action très notable. L'action dissolvante est augmentée par la présence de l'arséniate de sodium et des chlorures de platine. D'autres substances et, d'une manière générale, celles ayant un caractère réducteur diminuent, au contraire, l'attaque du platine : tels sont le charbon, l'acide arsénieux, le soufre, l'anhydride sulfureux, l'acide nitreux. Les sulfates ferrique ou ferreux, le chlorure de sodium et les nitrates sont sans action.

Diversité de caractère des oxydes rouge et jaune de mercure. — En se basant sur les résultats de ses recherches sur les phénomènes électromoteurs que présentent les oxydes rouge et jaune de mercure, M. K. Schick[2] a adopté les vues du Professeur Ostwald, suivant lesquelles ces deux oxydes ne se distingueraient l'un de l'autre que par la grandeur de leurs grains, l'oxyde rouge se rapprochant de plus en plus de l'autre, jusqu'à devenir identique, à mesure que ses grains sont réduits par un écrasement progressif.

Des vues analogues ont, du reste, été soutenues par Gay-Lussac contre Pelouse, qui avait observé que la modification jaune se décompose, à la chaleur, plus

[1] *Journ. of Soc. of chem. Ind.*, 1903, p. 465.
[2] *Zeitschr. phys. Chem.*, t. XLII, p. 155, 1902.

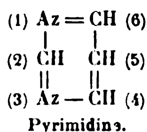
facilement que l'oxyde rouge. Dans un Mémoire récemment publié[1], M. W. Müller-Erzbach, après avoir rappelé ces faits, signale quelques expériences déjà faites par lui-même, en 1899, sur la réduction des deux oxydes par l'hydrogène et d'où ressort, d'une façon éclatante, la diversité de ces deux composés oxygénés. Tant l'oxyde rouge que l'oxyde jaune étaient, dans ces essais, employés à l'état pulvérulent. Bien que l'auteur ne constate pas si l'oxyde rouge devient plus efficace par un écrasement prolongé, la distance considérable des températures de réduction semble démontrer une diversité essentielle des deux oxydes. Des divergences analogues, bien que moindres, sont d'ailleurs observées dans le caractère électrique, ainsi que dans la solubilité de ces deux corps.

§ 6. — Chimie biologique

Les produits d'hydrolyse des acides nucléiques. — Le groupe des bases résultant de l'hydrolyse des acides nucléiques — c'est-à-dire du noyau phosphoré spécifique des nucléines et nucléo-albumines — s'est enrichi, durant ces dernières années, de trois bases nouvelles, bien cristallisées : la *thymine*, découverte par MM. Kossel et Neumann (1893) parmi les produits d'hydrolyse de la nucléine du thymus et étudiée surtout par MM. Kossel et Steudel[2]; la *cytosine* (1894), isolée des produits de dédoublement du même acide nucléique par MM. Kossel et Neumann, puis extraite du testicule d'esturgeon par MM. Kossel et Steudel[3]; enfin l'*uracile* (1900), trouvé par M. Ascoli[4] dans les produits d'hydrolyse de l'acide nucléique de la levure. Voici les formules brutes de ces trois bases :

Thymine	$C^5H^6Az^2O^2$
Cytosine	$C^4H^5Az^3O$
Uracile	$C^4H^4Az^2O^2$

Une série de belles recherches, qui viennent de se terminer par la fixation de la constitution de la cytosine et qui sont consignées dans les Mémoires cités plus haut, ont établi que ces trois bases ont comme squelette commun la *pyrimidine* ou *métadiazine*, base isolée en 1899 par MM. S. Gabriel et J. Colman[5] et qui est représentée par le schéma que voici :

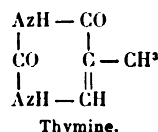


Pyrimidine.

Une telle relation a, d'ailleurs, été soupçonnée, aussitôt que l'on eut constaté que ces composés ou leurs dérivés immédiats donnent par le chlore et l'ammoniaque la coloration rouge commune à la plupart des dérivés pyrimidiques (réaction de Weidel ou de l'alloxane).

I. — De ces trois bases, la *thymine* a été la première rattachée aux composés pyrimidiques. MM. Kossel et Neumann avaient remarqué que sa formule brute en fait un méthyluracile, c'est-à-dire une méthyldioxypyrimidine, qu'elle est, par conséquent, isomérique mais non identique avec le méthyluracile de M. Behrend[6] ou 4-méthyl-2:6-dioxypyrimidine. Ce rapprochement est confirmé par ce fait que la thymine, nitrée, puis réduite, donne un composé présentant nettement la réaction de coloration qu'on vient d'indiquer.

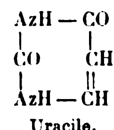
D'autre part, la thymine, oxydée par le permanganate de baryum, fournit, à côté de l'acide carbonique et de l'acide oxalique, de l'*urée*, et par là l'existence du côté « urée » du noyau pyrimidique se trouvait démontrée. En outre, l'action du chlore a donné une dichlorothymine, $C^5H^4Az^2Cl^2$, dans laquelle 2 OH avaient donc été remplacés par 2Cl, ce qui implique qu'il y a, à côté de chaque atome d'oxygène, un atome d'hydrogène voisin. Or, la place d'un des atomes, d'oxygène est déterminée par le reste urée de la molécule ; on ne peut donc placer l'autre qu'en 4 ou en 6, deux positions symétriques. Si l'on convient de le mettre en 6, il reste, pour le groupe méthyle et pour le dernier atome d'hydrogène disponible, les positions 4 et 5. Mais le groupe méthylique ne peut être mis en 4, puisque la thymine est différente du méthyluracile de M. Behrend, dans lequel le méthyle occupe précisément ce sommet. Il faut donc le mettre en 5, et la thymine devient la 5-*méthyl-2:6-dioxypyrimidine* :



Thymine.

Cette conclusion est confirmée par la synthèse directe de MM. E. Fischer et G. Rœder[1]. Par l'action de l'acide méthacrylique sur l'urée, ces savants ont obtenu le 5-méthyldihydro-uracile ; ce dernier, bromé, perd facilement 2HBr et se transforme en 5-méthyluracile, identique à la thymine. MM. Wheeler et Merriam[2] ont également réalisé cette synthèse par leur méthode de condensation à l'aide de l'éther formylacétique ou formylpropionique, dont on donnera un exemple plus bas, à propos de la synthèse de l'uracile.

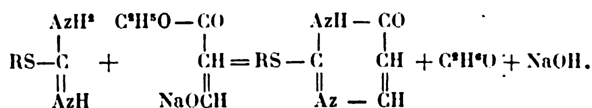
II. — Sitôt qu'Ascoli eut obtenu, dans le laboratoire de M. Kossel, un composé de formule $C^4H^4Az^2O^2$, donnant la réaction colorée citée plus haut, caractéristique des composés pyrimidiques, on soupçonna que ce corps représente l'*uracile* jusqu'alors hypothétique et connu seulement par son dérivé méthylé, le 4-méthyluracile de M. Behrend. Depuis cette époque, la synthèse de l'uracile a été faite par MM. Fischer et Rœder[3], qui, en chauffant l'urée et l'acide acrylique à 220°, ont obtenu un *dihydro-uracile*, lequel, par l'intermédiaire de son dérivé bromé, a fourni l'uracile lui-même :



Uracile.

identique à celui que fournit l'hydrolyse de l'acide nucléique de la levure.

Une autre méthode, qui a fourni à la fois l'uracile, la thymine et la cytosine synthétiques, est celle de MM. H. L. Wheeler et H. F. Merriam[4], déjà citée plus haut. Elle a consisté, pour l'uracile, à condenser les alcoylpseudo-thio-urées avec l'éther formylacétique sodé :

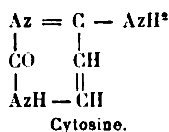


[1] *Physik. Zeitschr.*, t. IV, n° 19, 1903.
[2] Kossel et Neumann : *D. chem. Ges.*, t. XXVI, p. 2753. — Kossel et Steudel : *Zeit. physiol. Chem.*, t. XXIX, p. 303. — Steudel : *Ibid.*, t. XXX, p. 539, et t. XXXII, p. 241.
[3] Kossel et Neumann : *D. chem. Ges.*, t. XXVII, p. 2215. — Kossel et Steudel : *Zeit. physiol. Chem.*, t. XXXVII, p. 177 et 377, et t. XXXVIII, p. 53.
[4] Ascoli : *Ibid.*, t. XXXI, p. 161.
[5] S. Gabriel et J. Colman : *D. chem. Ges.*, t. XXXII, p. 1525.
[6] Behrend : *Liebig's Ann.*, t. CCXXIX, p. 8. — M. Behrend a obtenu ce méthyluracile par condensation de l'urée avec l'éther acétylacétique.

[1] E. Fischer et G. Rœder : *Chem. Centralbl.*, 1901, t. II, p. 867.
[2] H. L. Wheeler et H. F. Merriam : *Am. chem. Journ.*, t. XXIX, p. 478.
[3] E. Fischer et G. Rœder : *D. chem. G.*, t. XXXIV, p. 3751.
[4] H. L. Wheeler et H. F. Merriam : *loc. cit.*

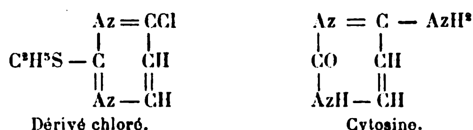
Le produit de condensation formé, qui est un *alcoyl-mercapto-uracile*, se dédouble en présence de l'acide chlorhydrique bouillant avec formation d'uracile, qui devient dès lors la *dioxypyrimidine*-2:6.

III. — Comme la *cytosine* donne par le chlore et l'ammoniaque la réaction colorée des composés pyrimidiques, on pouvait prévoir, en comparant sa formule brute à celle de l'uracile, qu'elle est une amino-oxypyrimidine. De fait, traitée par l'acide azoteux, elle donne de l'uracile, par une réaction analogue à celle qui transforme la guanine en xanthine et l'adénine en hypoxanthine. La cytosine est donc de l'uracile dans lequel on aurait substitué AzH^2 à O en 2 ou en 6. Mais comme, d'autre part, l'oxydation par le permanganate de baryum dédouble la cytosine avec production de biuret (et d'acide oxalique), AzH^2 ne peut pas occuper le sommet 2, mais doit être placé en 6. La cytosine devient donc la 6-*amino*-2-*oxypyrimidine* (1903) :



Cytosine.

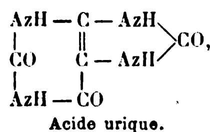
Enfin, la synthèse de la cytosine a été réalisée tout récemment par MM. H. L. Wheeler et T. B. Johnson en partant du produit d'addition que fournit l'éther formylacétique iodé avec l'iodométhylate de la thiourée. Le produit d'addition, la 2-*éthylmercapto*-6-*oxypyrimidine* (analogue au produit d'addition signalé plus haut à propos de l'uracile), donne par PCl^5 un dérivé chloré, que l'ammoniaque transforme en dérivé amidé, lequel, bouilli avec l'acide bromhydrique, donne la 6-amino-2-oxypyrimidine, identique à la cytosine :



Dérivé chloré. Cytosine.

Les auteurs ont vérifié que le composé ainsi obtenu est identique à la thymocytosine de MM. Kossel et Steudel et à une cytosine extraite, en même temps que l'uracile, des produits d'hydrolyse de l'acide nucléique des embryons de froment (acide triticonucléique). Il est, au contraire, différent, en dépit de grandes analogies, de la 2-amino-6-oxypyrimidine que les mêmes auteurs ont obtenue en condensant l'éther formylacétique sodé avec la guanidine.

IV. — Si l'on considère la formule de l'acide urique établie par M. E. Fischer :



Acide urique.

on constate que ce composé et, par conséquent, les autres corps puriques sont aussi des corps pyrimidiques complétés par l'addition d'un second reste d'urée. Les bases résultant de la décomposition des acides nucléiques, c'est-à-dire l'ensemble des bases xanthiques et le groupe des trois nouvelles bases ci-dessus étudiées, contiennent donc toutes le noyau pyrimidique, qui prend dès lors une importance physiologique considérable. MM. Kossel et Steudel font remarquer que l'acide urique pourrait résulter de la fixation de l'acide cyanique, COAzH, sur la cytosine, avec oxydation simultanée, deux procès dont on connaît des exemples en Physiologie. Le premier, notamment, est réalisé dans la fixation bien connue de l'acide cyanique sur la taurine, qui, ingérée, s'élimine à l'état d'acide taurocarbamique. La cytosine doit donc être considérée comme un précurseur possible de l'acide urique et des corps puriques.

Ces acquisitions de la Chimie descriptive des tissus, disent en terminant MM. Kossel et Steudel, doivent constituer, comme les données anatomiques, le point de départ des recherches et des déductions physiologiques. Au milieu de la mêlée souvent confuse des expériences physiologiques sur l'origine de l'acide urique, nos connaissances actuelles sur la répartition des bases puriques dans l'organisme, sur leur production au cours de l'hydrolyse des noyaux cellulaires, sur leur constitution chimique sont demeurées le fondement solide de toute théorie de la production de cet acide. De même, ces nouvelles données sur la constitution des bases nucléiques à noyau pyrimidique simple, uracile, thymine, cytosine, seront à leur tour le point de départ de toute recherche sur la production du noyau pyrimidique plus compliqué, tel qu'il existe dans l'acide urique et les bases xantiques.

¹ H. L. Wheeler et T. B. Johnson : *Am. chem. Journ.*, t. XXIX, p. 492 et 505, 1903.

§ 7. — Botanique

Le nombre des chromosomes chez les hybrides. — On sait que, chez une espèce donnée, le nombre des chromosomes des noyaux en mitose a une fixité relative, ce qui a donné naissance à la théorie de l'individualité et de la permanence des chromosomes, théorie aussi métaphysique et improbable que possible, à moins de considérer cette permanence à un point de vue uniquement quantitatif. Néanmoins, la fixité relative du nombre des chromosomes est un fait bien établi. Chez deux espèces très voisines, il peut arriver que ce nombre soit notablement différent : ainsi l'*Ascaris megalocephala bivalens* a 4 chromosomes (cellules somatiques), et la forme *univalens* 2 seulement; l'*Antennaria dioica* en compte 40, tandis qu'il y en a environ 90 chez l'*Antennaria alpina;* le *Drosera rotundifolia* a 20 chromosomes, et le *Drosera longifolia* 40. Naturellement, les noyaux des cellules sexuelles, après avoir subi la réduction numérique, ont juste la moitié du nombre spécifique.

Il était intéressant de voir, en admettant une hybridation entre deux espèces qui présentent une telle différence numérique, ce qui se produirait chez l'hybride; c'est ce que vient de faire M. Rosenberg[1]. Dans les tourbières où croissent côte à côte les *Drosera rotundifolia* et *longifolia*, on rencontre souvent leur hybride (var. *obovata*); toutes les mitoses observées dans les cellules somatiques de cet hybride présentent 30 chromosomes, c'est-à-dire exactement l'addition des 10 chromosomes de *rotundifolia* et des 20 de *longiflora;* dans les mitoses sexuelles (pollen), on trouve le plus souvent 15 chromosomes, comme on pouvait s'y attendre, et quelquefois 20 (type de *longifolia*) ou 10 (type de *rotundifolia*); il semble donc y avoir trois sortes de gamètes, qui se rencontrent dans la même anthère. On désirerait savoir s'ils diffèrent aussi par leurs propriétés héréditaires, mais M. Rosenberg laisse cette question en suspens. Si l'on trouvait un maternel très favorable, il pourrait y avoir là un sujet bien curieux à traiter, en combinant les recherches cytologiques et les expériences d'hybridation; si les gamètes qui présentent le nombre de chromosomes paternel ou matériel transmettaient exclusivement les propriétés paternelles ou maternelles, on aurait une preuve bien forte que la chromatine est le support matériel de l'hérédité.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Le coton dans l'Afrique occidentale. — L'Association de l'Industrie et de l'Agriculture fran-

¹ Das Verhalten der Chromosomen in einer hybriden Pflanze. *Berichte d. deutsch. Botan. Gesells.*, Jahrg. 21, 1903, p. 110.

çaises a, dans sa dernière réunion, sous la présidence de M. Esnault-Pelterie, présenté à M. Roume, gouverneur général de l'Afrique occidentale, un échantillon du premier envoi de coton indigène reçu du Dahomey (environ 2.100 kilogs). Ce coton, quoique un peu irrégulier, a de réelles qualités ; il possède la finesse et la force de la fibre du coton Jumel ; sa longueur varie de 26 à 30 millimètres, et sa teinte est partiellement beurrée. Sa valeur marchande, de l'avis de personnes compétentes, est d'environ 80 francs relativement à la parité des cours actuels. Des expériences d'égrenage faites au Havre, avec ce coton, ont montré que le rendement en fibres utilisables pour la filature a été de 30 °/₀, résultat particulièrement satisfaisant. Plusieurs filateurs présents à la séance ont offert de travailler ce coton dans leurs usines.

Dans une dépêche datée du 18 juillet, M. Quesnel, représentant au Soudan de l'Association Cotonnière Coloniale, annonce que des semailles des graines exotiques ont été faites dans tous les villages sur le Niger et le Bani, depuis Bammako jusqu'à Bandiagara, sous la surveillance des agents indigènes. Dans le district de Segou, la plante atteignait 7 centimètres de hauteur après dix-huit jours d'ensemencement.

M. Roume, après avoir félicité les industriels français de leur initiative, a montré que l'Association Cotonnière devait surtout s'attacher à résoudre les questions d'installation de centres d'égrenage et de pressage, d'achat du coton, de tout ce qui concerne la partie commerciale, les études scientifiques devant surtout constituer la tâche de l'Administration.

§ 9. — Universités et Sociétés

Conseil de l'Université de Paris. — Les dernières séances de ce Conseil ont été particulièrement intéressantes. Après avoir attribué les bourses de voyage autour du monde et autorisé l'ouverture de divers cours libres dans les Facultés et Ecoles, le Conseil a examiné et adopté les propositions qui lui ont été soumises par la Commission chargée de rechercher dans quelles conditions devaient être formés les futurs professeurs de l'enseignement secondaire.

Ces propositions, qui ont été transmises au Ministre de l'Instruction publique, sont relatives à la culture générale, à la culture scientifique et à l'apprentissage professionnel des futurs professeurs. Elles visent une refonte des licences, une organisation nouvelle des agrégations et une préparation pédagogique, théorique et pratique.

Afin de satisfaire au vœu du Parlement qui a décidé, l'an dernier, qu'à Paris la préparation des futurs maîtres serait commune aux élèves de l'Ecole Normale et aux étudiants de l'Université de Paris, le Conseil a examiné le double emploi qui existe actuellement entre l'Université de Paris et l'Ecole Normale. Il a été d'avis qu'il fallait remplacer ce double emploi par une union, et, pour assurer ce résultat, il a proposé un certain nombre de mesures : l'Ecole Normale serait réorganisée et rattachée à l'Université de Paris, mais elle conserverait son individualité, sa personnalité propre, son administration, sa direction, et continuerait à se recruter par concours, d'une façon plus large.

Enfin, dans sa dernière séance du 27 juillet, le Conseil a exprimé un avis favorable à la création, à la Faculté des Sciences, d'une Chaire de Mathématiques générales. Il a pris ensuite connaissance du premier volume des *Commentaires de la Faculté de Médecine de Paris* (1777-1786), qui lui a été présenté par le Professeur Pinard, et il a décidé que la publication en serait faite sous les auspices de l'Université. En fin de séance, le Conseil a ouvert les crédits nécessaires à l'installation de nouveaux laboratoires à l'Ecole de Pharmacie et à la Faculté des Sciences.

Création d'un Institut de Médecine légale et de Psychiâtrie. — Le Ministre de l'Instruction publique vient d'approuver la création, à la Faculté de Médecine de Paris, d'un *Institut de Médecine légale et de Psychiâtrie*, destiné à donner un enseignement théorique et pratique aux médecins et aux étudiants qui se destinent aux fonctions d'experts près les tribunaux.

L'enseignement qui y sera donné se divise en deux parties :

1° *Enseignement médico-légal*, qui comprend un cours complet de Médecine légale complété par des travaux pratiques (autopsies, examens de sujets vivants spéciaux à la médecine légale, recherches microscopiques, chimiques, physiologiques, etc.) ;

2° *Enseignement psychiâtrique*, qui comprend un cours complet d'aliénation mentale et un cours de Médecine légale psychiâtrique, que compléteront des leçons de Clinique des maladies mentales et des leçons de Clinique psychiâtrique médico-légale.

Il est créé un diplôme portant la mention : *Médecine légale et psychiâtrie*, qui sera délivré aux médecins et aux étudiants ayant suivi régulièrement l'enseignement de cet Institut et subi avec succès un examen probatoire.

Personnel universitaire. — M. Doyon, agrégé des Facultés de Médecine, est nommé professeur adjoint de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon.

M. Stéphan, docteur ès sciences naturelles, est nommé sous-directeur du Laboratoire Marion, à Endoume.

M. Lespieau, sous-directeur du Laboratoire de Chimie de l'Ecole pratique des Hautes-Etudes, établi à l'Ecole Normale Supérieure, est nommé directeur adjoint de ce Laboratoire.

M. Simon, docteur ès sciences, préparateur-chef des travaux de Chimie à la Sorbonne, est nommé sous-directeur du Laboratoire de Chimie de l'Ecole pratique des Hautes-Etudes, établi à l'Ecole Normale Supérieure.

M. Rabaud, docteur ès sciences, docteur en médecine, est nommé préparateur du Laboratoire de Zoologie (Evolution des êtres organisés) de l'Ecole des Hautes-Etudes (Section des Sciences naturelles).

M. Dantan, préparateur du Laboratoire de Tatihou, dépendant de l'Ecole des Hautes-Etudes, est nommé préparateur de la Chaire d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle.

M. Florence, professeur de Matière médicale à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon, est nommé professeur de Pharmacie à la dite Faculté.

M. Fonzes-Diacon, agrégé, chargé d'un cours de Chimie minérale à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Montpellier, est nommé professeur de Chimie minérale à la dite Ecole.

M. Joubin, professeur de Zoologie générale et appliquée à la Faculté des Sciences de Rennes, doyen de cette Faculté, est nommé professeur de Zoologie (Annélides, Mollusques et Zoophytes) au Muséum d'Histoire naturelle.

M. Becquerel, ingénieur des Ponts et Chaussées, est nommé assistant de la Chaire de Physique appliquée du Muséum d'Histoire naturelle.

M. Nageotte, médecin-adjoint à l'Hospice de Bicêtre, est nommé répétiteur au Laboratoire d'Histologie du Collège de France, rattaché à l'Ecole pratique des Hautes-Etudes.

M. Papillault, préparateur au Laboratoire d'Anthropologie de l'Ecole pratique des Hautes-Etudes, est nommé directeur-adjoint du dit Laboratoire.

M. Paul Richer, membre de l'Académie de Médecine, est nommé professeur d'Anatomie à l'Ecole nationale des Beaux-Arts.

LES FACTEURS DE L'IMMUNITÉ

Le problème de l'immunité a déjà suscité un nombre considérable de recherches. Il n'est pas toujours facile de s'orienter dans la masse des résultats, souvent contradictoires, qui ont été obtenus, d'autant plus que chaque auteur cherche à les adapter à ses théories ou à ses systèmes. Il en résulte qu'il est souvent opportun de résumer l'état réel de nos connaissances relatives à tel ou tel chapitre spécial. C'est ce que je me propose de faire dans les pages suivantes, dont le but est, d'ailleurs, des plus restreints; en effet, je ne pénétrerai pas dans le fond même du sujet; je ne m'occuperai pas du mécanisme par lequel l'immunité se manifeste, ni des causes qui la provoquent, ni même de ses applications pratiques ou des problèmes de Biologie générale qu'elle a soulevés : je me bornerai à jeter un coup d'œil d'ensemble sur les nombreux moyens de défense dont les organismes disposent pour s'opposer aux infections et aux intoxications, et qui assurent leur état d'immunité.

Le concours de plus d'un facteur dans la production de l'immunité a déjà été admis, il y a une douzaine d'années, par Bouchard. On s'efforçait jusqu'alors d'expliquer l'immunité d'une manière assez unilatérale : les uns la faisaient dépendre de la seule phagocytose, les autres du seul pouvoir bactéricide des humeurs. Ces deux théories ont donné naissance à de longues discussions, dont l'écho ne s'est pas encore éteint. Bouchard montra que les deux facteurs invoqués par les uns et par les autres ne s'excluent pas nécessairement, mais peuvent se trouver réunis. Isolés, ils ne sont pas toujours suffisants pour protéger les animaux; mais ils le deviennent lorsqu'ils s'entr'aident. D'après Bouchard, la phagocytose interviendrait surtout dans l'immunité naturelle, tandis que l'état bactéricide s'y ajouterait dans l'immunité acquise, et en faciliterait le rôle.

Le nombre des facteurs qui peuvent prendre part à la production de l'immunité s'est accru toujours davantage dans la suite; et souvent, après en avoir découvert un nouveau, on a voulu y voir la cause unique de l'immunité, et l'on a bâti là-dessus des théories nouvelles. Je rappellerai, comme exemples, que Max Gruber et Durham ont essayé de réduire l'immunité au seul pouvoir agglutinant des humeurs, Behring au pouvoir antitoxique, Roger au pouvoir antivirulent, Rummo, Roux et d'autres à l'insensibilité cellulaire. Mais on a toujours dû renoncer à ces explications trop exclusives; et, de nos jours, la théorie plus éclectique de Bouchard, étendue aux nouvelles acquisitions de la science, se montre la seule qui puisse s'appliquer, sans restrictions, à tous les cas.

Je passerai donc en revue les différents facteurs qui ont été découverts ou qui ont été invoqués par les divers auteurs. Peut-être serai-je un peu trop analytique dans cette exposition; mais je crois que c'est la meilleure méthode à suivre pour bien embrasser et pour bien coordonner tous les faits connus.

I

Je commencerai par le phagocytisme, parce qu'il est un des mieux étudiés et des plus répandus. Tout le monde sait que la découverte de ce processus — une des plus belles dans le champ de la Biologie — est due à Elie Metchnikoff. Elle est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en rappeler ici les détails; je dirai seulement que la plus grande partie des phagocytes du corps sont formés par des leucocytes; que les cellules amoeboïdes ne sont pas toutes des phagocytes; et que ceux-ci se divisent en diverses espèces (macrophages mobiles et fixes, polynucléaires, acidophiles, plasmodes).

La phagocytose s'accomplit en plusieurs phases; mais quelques-unes d'entre elles sont contingentes, accessoires, et ne se produisent pas toujours, tandis que d'autres sont indispensables pour que le processus se réalise.

Il est quelquefois nécessaire, tout d'abord, que les phagocytes soient présents en grand nombre dans le corps; et c'est peut-être pour cette raison que, dans certaines maladies infectieuses, on remarque une hyperactivité dans les tissus producteurs de leucocytes (moelle des os, glandes fermées) et une surproduction de ces cellules. Leur nombre peut même s'accroître d'une manière tout à fait inattendue, et devenir, pendant un certain nombre de jours, de cinq à six fois supérieur au nombre normal; il en résulte alors ce que Schiff a nommé une *leucocytose générale*. Evidemment, dans ces cas, on doit admettre que les sécrétions microbiennes modifient, d'une manière durable, la nutrition des tissus qui élaborent les leucocytes.

Après des injections intraveineuses de certaines cultures bactériennes ou de certaines substances irritantes (poudres, toxines, extraits organiques, etc.), on remarque souvent des oscillations presque instantanées dans le nombre des leucocytes; quelques auteurs (Römer, Buchner) auraient constaté aussi une hyperactivité dans les glandes leucocytaires. Mais il faut être prudent dans l'interprétation exacte de ces résultats, parce que les sub-

stances injectées peuvent posséder une chimiotaxie négative ou positive, et donner naissance à des migrations passives de leucocytes dans les organes internes, et plus spécialement dans le foie, dans la rate, dans les poumons, etc.; ou bien elles peuvent les déplacer de ces organes, et en provoquer le rassemblement dans la circulation périphérique. Elles produisent ainsi des augmentations et des diminutions apparentes, tandis qu'en réalité le nombre total des leucocytes du corps reste constant (Schultz, Metchnikoff, Werigo, Tschistowitsch, Müller, etc.). Ce n'est que lorsque l'augmentation persiste assez longtemps, par exemple pendant des jours, ou bien lorsqu'elle peut être constatée dans tous les vaisseaux (Goldschneider et Jakob), qu'on doit la considérer comme véritable.

Cette augmentation intéresse souvent toutes les espèces de leucocytes en même temps; mais, quelquefois, elle porte sur ceux d'une seule espèce : par exemple sur les mononucléaires, comme l'a reconnu Besredka dans l'empoisonnement avec les sels d'arsenic; ou sur les polynucléaires, comme l'ont vu Courmont, Montazard, Weil dans la variole non compliquée, Stienon au commencement de la fièvre typhoïde, et Besredka au cours de l'infection diphtérique suivie de guérison (dans quelques cas, elle persistait pendant quinze jours); elle peut porter, enfin, sur les éosinophiles, comme l'ont vu F. Müller, Gollasch et d'autres auteurs dans quelques maladies parasitaires, telles que la filariose.

Quand cette augmentation se produit, elle ne suffit pas toujours pour empêcher l'infection. Par exemple, Brauel dans le charbon généralisé, Coze et Feltz dans la septicémie ordinaire, ont remarqué une augmentation considérable de la quantité totale des leucocytes présents dans le sang; mais ceux-ci ne détruisaient pas les agents infectieux, si bien que l'organisme succombait. D'autres conditions doivent donc être satisfaites pour que la phagocytose s'accomplisse; nous allons les examiner.

Il peut être nécessaire, en deuxième lieu, que les centres nerveux vaso-constricteurs ne soient pas excités, ni les centres nerveux vaso-dilatateurs paralysés par les produits bactériens, car alors on rendrait difficile, ou bien on empêcherait tout à fait la sortie des phagocytes contenus dans le sang et leur passage dans le foyer infectieux. — L'action sur les vaisseaux peut s'exercer par voie réflexe; dans ce cas, ce sont surtout les vaisseaux de la partie envahie qui se trouvent affectés. Elle peut, au contraire, être directe, et porter sur les organes centraux du système nerveux; dans ce cas, elle est plus générale.

Les constatations relatives au rôle des vaisseaux ont été faites surtout par Bouchard, Charrin, Gley, Arloing, Galezowski. Le premier auteur a pu même isoler des cultures bactériennes deux substances manifestant sur les centres vaso-dilatateurs des actions opposées, et il leur a donné les noms d'*ectasine* et d'*anectasine*. On peut en démontrer l'action d'une manière simple et élégante, comme l'a fait Galezowski : si l'on injecte de la tuberculine à un animal, les veines de l'iris deviennent très turgides; si, ensuite, au même animal, on injecte une culture stérilisée de *Pyocyaneus*, les veines de cette membrane redeviennent pâles. C'est que la tuberculine contient une grande quantité de la première substance, tandis que les cultures de *Pyocyaneus* contiennent une forte proportion de la seconde.

Les phagocytes qui sont sortis des vaisseaux, ou qui se trouvent déjà libres dans les tissus, doivent se diriger à la recherche des microbes. En troisième lieu, donc, intervient la *chimiotaxie*. Son rôle a été mis en évidence par Pekelharing, Leber, Massart, Ch. Bordet, Gabritschewski, etc.

A la différence des deux autres phases du processus phagocytaire, cette phase-ci est indispensable pour qu'il puisse s'accomplir. En effet, la présence des phagocytes est nécessaire dans le lieu même de l'infection; il faut donc que les substances émises par les agents infectieux arrivent jusqu'à eux, et les attirent. Metchnikoff a pu constater que, dans certains cas, la dilatation des vaisseaux s'accomplit très bien et, cependant, la diapédèse fait défaut : il est évident que, dans ce cas, les substances à chimiotaxie positive manquent, et que, par contre, des substances à chimiotaxie négative peuvent intervenir (leur présence n'a pas encore été démontrée). Le même auteur a reconnu que la récolte des phagocytes dans le lieu de l'infection peut avoir lieu même si la dilatation des vaisseaux fait défaut; dans ce cas, il est évident qu'une chimiotaxie positive assez marquée doit se faire sentir.

Quand la migration des phagocytes dans le lieu de l'infection s'est produite, il est nécessaire encore qu'ils ne soient pas paralysés ou tués par les sécrétions bactériennes. Il arrive parfois, en effet, que les phagocytes sont susceptibles de se rassembler en grand nombre dans le foyer infectieux; mais, une fois qu'ils sont là, ils deviennent incapables de tout mouvement actif, de toute action manifeste. Bouchard a pu isoler des cultures bactériennes une substance qui possède ces propriétés, c'est-à-dire qui agit sur les phagocytes en les stupéfiant, sans les tuer, comme le ferait du chloroforme. Mais, le plus souvent, les phagocytes subissent de profondes altérations ou meurent sous l'action des produits microbiens, et donnent ainsi

naissance à des collections de pus, qui finissent par être résorbées ou par être éliminées au dehors.

Quand ces actions inhibitrices n'entrent pas en jeu, le quatrième temps du processus phagocytaire commence : les phagocytes saisissent les bactéries et les incorporent. Ils n'interviennent pas tous dans cette action, ni tous avec la même énergie; par exemple, dans la lèpre, dans l'actinomycose et dans l'absorption des cellules animales, les seuls macrophages se montrent actifs; dans l'érysipèle, dans la gonorrhée et dans la plupart des processus infectieux ordinaires, les polynucléaires exercent seuls une action; dans la tuberculose expérimentale (aviaire ou des mammifères) interviennent d'abord ces derniers; ensuite ils dégénèrent, et sont remplacés par des mononucléaires (Metchnikoff, Borrel, Dembinski).

Nous arrivons maintenant au dernier acte, qui est aussi le plus intéressant de toute l'action phagocytaire. L'inclusion des microbes à l'intérieur des phagocytes ne suffit pas encore : les germes englobés doivent être tués et digérés. On voit alors ceux-ci devenir irréguliers, ne plus se colorer uniformément, se réduire en fragments, et à la fin se dissoudre tout à fait. Si ce processus est général, l'animal triomphe de l'infection. D'autres fois, au contraire, on constate que le protoplasma des phagocytes s'altère, présente des solutions de continuité, se désagrège, et à la fin se dissout; le noyau cesse d'être colorable, et suit la même destinée que le protoplasma ; à la fin, protoplasma et noyau deviennent la proie des microbes, qui se développent à leurs dépens. Dans ce cas, l'animal est envahi par les agents infectieux, à moins que d'autres moyens de défense n'interviennent et qu'ils ne le sauvent. Koch, Löffler et Schütz, Karg, Du Mesnil, etc., ont démontré que les bacilles du charbon, de la septicémie des porcs, du rouget, de la tuberculose, de la lèpre, etc., peuvent être parfaitement incorporés par les phagocytes, malgré l'issue fatale de la maladie. Des constatations analogues ont été faites par Metchnikoff; ainsi il a vu que, chez les pigeons, les bacilles de la tuberculose aviaire sont englobés par les phagocytes, notamment par des microphages, bien que les pigeons meurent presque toujours. Dans tous ces cas, les phagocytes sont tués, et les bacilles, qui d'abord se multiplient à leur intérieur, envahissent graduellement l'économie : la phagocytose a donc été incapable de triompher de l'infection.

Les phagocytes manifestent des phénomènes d'absorption et de dissolution non seulement vis-à-vis des bactéries, mais aussi des cellules animales ou de certaines substances. Par exemple, si à un animal on injecte des globules sanguins, ou bien des cellules d'autre nature, on constate qu'elles sont englobées par les macrophages, et disparaissent plus ou moins vite dans leur intérieur; le même fait arrive pour des composés chimiques solides.

Lorsque les éléments cellulaires de l'économie sont morts, ou affaiblis, ou devenus inutiles à cause de processus anormaux ou des changements morphologiques qui accompagnent le développement ontogénique, ce sont aussi les phagocytes qui se chargent de les détruire (Metchnikoff, Kowalewski, etc.).

Beaucoup d'animaux unicellulaires, enfin, ne se nourrissent pas par absorption de substances dissoutes, mais incorporent des particules alimentaires solides, et les digèrent dans des vacuoles ou dans le protoplasma. Ils se comportent de la même manière avec certains microbes (Chytridiens, Bactéries, Saprolégniées, etc.), dont ils font leur nourriture au lieu d'être envahis par eux. Ils sont, en somme, des vrais phagocytes. Chez un certain nombre d'animaux supérieurs, les phénomènes digestifs s'accomplissent aussi de cette manière, à l'intérieur de cellules spéciales.

La phagocytose est donc un processus normal des plus répandus. Mais elle fait défaut chez tous les êtres végétaux ; d'ailleurs, la présence, presque constante, d'une membrane de cellulose autour des cellules végétales la rendrait impossible. On l'a constatée chez ces êtres étranges dont les botanistes font des plantes, sous le nom de Myxomycètes, et les zoologistes des animaux, sous le nom de Mycétozoaires; mais il est impossible d'apporter ce cas comme une preuve de son existence dans le règne végétal, ce qui a été fait par quelques auteurs.

A la théorie phagocytaire on a opposé de nombreuses objections. Elle a réussi à en triompher, et, aujourd'hui, tous les pathologistes et les bactériologistes admettent que les phagocytes sont capables d'incorporer des bactéries vivantes et de les détruire. Quelquefois, ces bactéries n'ont rien perdu de leur virulence, tandis que, d'autres fois, elles ont été d'abord affaiblies ou modifiées par les humeurs de l'organisme, comme nous le verrons ensuite. — Quand les phagocytes se portent en masse dans le lieu de l'infection, ils peuvent lui opposer une barrière que les bactéries ne réussissent pas toujours à franchir; ils produisent alors ce que Bouchard a appelé une *lésion locale*, qui sauve l'animal (Bouchard, Lubarsch, Metchnikoff, Ruffer, etc.). Quand, au contraire, la lésion locale ne se produit pas, l'animal est envahi par les microbes, et souvent il succombe. Dans tous les tissus riches en phagocytes, comme le sont, par exemple, les ganglions lymphatiques, la réaction locale est des plus intenses : cela explique la grande fré-

quence des adénites, qui retardent et, souvent, empêchent la diffusion ultérieure des processus infectieux.

II

Nous allons examiner un facteur bien différent : l'*état bactéricide des humeurs*. Il a été découvert par Traube, Gschleiden, Schmidt, Grohmann, Fodor, et ensuite il a été étudié à fond par Flügge et ses élèves, Buchner, Behring, Pfeiffer, etc. Ces auteurs ont fondé sur lui une théorie de l'immunité, d'après laquelle les humeurs des animaux réfractaires tueraient les bactéries, ou bien s'opposeraient à leur développement, en empêchant ainsi l'infection.

Les humeurs bactéricides agissent en provoquant une mort, plus ou moins rapide, du protoplasma dont les germes sont formés ; ou bien en y déterminant des altérations intimes, qui se traduisent à l'extérieur par des modifications appréciables dans la forme (formes dégénératives ou involutives, hétéromorphisme), par une multiplication moins abondante (Smirnow) et par des échanges matériels nouveaux (Behring). L'expression d'*état bactéricide* doit donc être interprétée dans un sens large, parce qu'on ne doit pas entendre seulement la mort des microbes, mais aussi une lésion, une atteinte à leur vitalité, etc. Le terme de *pouvoir atténuant*, employé par certains auteurs dans un sens un peu différent, conviendrait donc mieux.

Quand la mort des microbes a lieu, elle peut être accompagnée de leur dissolution. On observe alors que, peu à peu, ils se gonflent, deviennent transparents, et finissent par disparaître. Cette dissolution peut avoir lieu aussi bien dans l'économie animale, comme l'a découvert Pfeiffer, qu'*in vitro*, comme l'ont reconnu Metchnikoff et Bordet.

Des actions identiques à celles dont nous venons de parler peuvent se produire à l'égard de certains éléments cellulaires. Ainsi, si l'on met le sérum d'un animal en contact avec des globules sanguins, ou bien avec des cellules spermatiques qui appartiennent à un autre animal, on voit que souvent il dissout les uns et immobilise les autres. Ces propriétés peuvent être exaltées, et même créées artificiellement, en pratiquant des injections répétées des cellules étrangères contre lesquelles on veut que ces propriétés s'exercent : c'est ce qui a été établi par Belfanti et Carbone. On obtient ainsi une immunisation véritable, dirigée contre les cellules injectées.

Le mécanisme par lequel se produisent ces actions demeure constant, qu'il s'agisse des bactéries ou bien de tout autre élément cellulaire. Pour cette raison, on s'est souvent servi de cellules non bactériennes afin d'éclaircir certains faits relatifs au pouvoir bactéricide des humeurs.

Nuttall, Buchner et d'autres ont observé que les substances bactéricides, contenues dans les humeurs des animaux réfractaires, perdent toute leur action si on les chauffe à 50-60° C., ou si on les soumet à des congélations répétées, ou bien encore si on les dialyse avec de l'eau distillée, etc. Ces différents moyens suffisent, en effet, pour transformer les milieux organiques qui contiennent les substances bactéricides (sérum, sang, tissus) en milieux très fertiles de culture. On a donc admis que les substances bactéricides doivent être très instables.

Plus tard, Bordet a reconnu que leur action est, presque toujours, plus complexe qu'on ne l'avait soupçonné d'abord, et que deux substances différentes entrent ordinairement en jeu pour produire l'action bactéricide. L'une d'elles, nommée *complément*, est seule détruite par les moyens cités; cette substance existe toujours en grande quantité dans les animaux. L'autre substance, appelée *ambocepteur*, est plus résistante. Dans les conditions ordinaires, elle n'est pas abondante; ainsi ce n'est qu'en immunisant artificiellement les animaux qu'on en fait augmenter la quantité. Ehrlich et Morgenroth ont montré que dans chaque animal sont contenues plusieurs espèces de compléments et d'ambocepteurs, et que l'action de chacune porte, en général, sur des bactéries différentes.

Une légère action bactéricide revient aux sécrétions bronchiale, vaginale et gastrique; elle est en rapport avec l'acidité de ces produits physiologiques.

La plupart des végétaux sont aussi défendus par l'acidité de leurs humeurs contre les infections bactériennes. Quand on ajoute des phosphates au sol, on fait croître la résistance des végétaux à ces infections parce qu'ainsi leurs humeurs deviennent plus acides. Mais, en même temps, la résistance contre les moisissures s'amoindrit, parce qu'elles trouvent des conditions de développement plus favorables dans un milieu franchement acide. Les engrais azotés, potassiques ou calcaires manifestent une action complètement contraire. Les résines, qui existent dans beaucoup de plantes et qui suintent par leurs blessures, éloignent en même temps les animaux parasites et les bactéries : la preuve en est fournie par l'usage, si étendu et si apprécié, qu'on en fait comme matières insecticides et antiseptiques. On peut en dire autant des substances astringentes, des huiles volatiles et de certains alcaloïdes dissous dans les sucs des végétaux.

En résumé, on voit que nous sommes en présence d'un moyen de défense des plus répandus dans la nature vivante.

A la théorie du pouvoir bactéricide des humeurs on a fait des objections nombreuses. Elle a fini par triompher de la plupart de ces objections; mais, peu à peu, on a dû se convaincre qu'il est nécessaire d'interpréter et d'apprécier prudemment certains faits relatifs au pouvoir bactéricide.

Par exemple, Metchnikoff a constaté que le sérum des cobayes tue les bacilles du charbon : cependant, les cobayes qui le fournissent sont assez sensibles au charbon. De plus, il a vu que le sérum de cobaye, inoculé à un animal de la même espèce, est capable d'empêcher la maladie. Ces faits montrent très vraisemblablement que les altérations subies par le sang après sa sortie du corps lui font acquérir des propriétés qu'il ne possède pas *in vivo*. Par exemple, les phagocytes peuvent être lésés, et laisser échapper les substances bactéricides qu'ils contiennent normalement en eux-mêmes. Dans l'animal vivant, ces substances ne peuvent pas agir, parce que, dans ces conditions, les phagocytes restent intacts, ou bien ils sont repoussés par un chimiotactisme négatif.

Pour que le sang manifeste une action bactéricide, il doit donc se trouver dans des conditions anormales, au dehors des vaisseaux. Au contraire, dans les conditions physiologiques, une telle action manque. Evidemment, du premier cas, il est impossible de tirer aucune conclusion qui puisse s'appliquer au deuxième.

Des observations semblables ont été faites par d'autres auteurs. Ainsi Ogata et Jasuhara ont constaté que le sérum de rat blanc est capable de protéger les animaux de laboratoire contre l'infection charbonneuse. Mais le rat blanc lui-même n'est pas résistant à cette infection, comme l'ont vu Löffler, Straus, Aubarsch, Hankin, etc.; il l'est à peine un peu plus que le cobaye ou la souris. Sawtschenko, à son tour, a remarqué que la résistance en question change suivant la manière dont on pratique l'injection : si l'on emploie une canule assez mince, elle est faible ou nulle, tandis qu'elle est grande si l'on fait usage d'une canule à large section. Cette différence est due au fait que, dans le deuxième cas, on provoque une hémorragie sensible; les phagocytes qui sont contenus dans le sang extravasé meurent, en contact avec les sécrétions bactériennes, et laissent échapper les substances bactéricides qui se trouvent dans leur intérieur. De là l'action favorable qu'on remarque.

Même la dissolution des microbes du choléra et de leurs semblables, qu'autrefois on considérait comme due à une action bactéricide des plus typiques des humeurs, ne s'accomplit pas sans une avarie ou une dissolution préalable des phagocytes. C'est ce qui a été démontré, d'une manière indiscutable, par Metchnikoff et par ses collaborateurs. Pour d'autres microbes, on a observé d'autres faits analogues.

Mais, quand on trouve l'action bactéricide dans des liquides animaux qui ne contiennent aucune trace de leucocytes, ou du moins fort peu de ces éléments, comme c'est le cas, par exemple, pour l'*humor aqueus* de l'œil, on est alors obligé d'admettre que l'action bactéricide existe déjà normalement en dehors de toute intervention des phagocytes. C'est ce qui arrive pour le lapin vis-à-vis du typhus et du charbon. D'autre part, dans tous les cas où l'intervention des phagocytes se montre très efficace, comme dans les exemples relatés plus haut, ces éléments ne fournissent que le complément, c'est-à-dire une seule des deux substances qui concourent à produire l'action bactéricide, tandis que l'autre, l'ambocepteur, se trouve déjà dissoute dans les humeurs. On ne peut donc attribuer aux phagocytes qu'un rôle corrélatif au rôle représenté par la composition des humeurs. Ce fait démontre, d'une manière frappante, l'importance considérable de ces dernières dans la défense de l'économie : elle est au moins aussi grande que celle des phagocytes.

Van de Velde et Sawtschenko ont pu même démontrer que le phagocytisme ne s'accomplit pas sans que les humeurs modifient d'abord la composition des germes ou des phagocytes.

J'ajouterai encore que, si les microbes sont introduits dans l'organisme après avoir été renfermés dans de petits sacs en collodion ou en parchemin, comme l'ont pratiqué Pekelharing, Sanarelli, Petruschky, etc., on observe qu'ordinairement ils se multiplient assez bien, parce que l'ambocepteur arrive seul jusqu'à eux; mais, parfois, ils sont tués ou affaiblis par les humeurs, qui filtrent à travers les parois du sac, sans que les phagocytes interviennent aucunement.

Les faits que nous avons rappelés plus haut peuvent donc restreindre l'importance du pouvoir bactéricide des humeurs; mais ils n'en mettent pas en doute la réalité.

III

A côté de l'action bactéricide des humeurs, il faut en citer une autre, l'*action antivirulente*, découverte par Roger.

Dans ce cas, les microbes ne sont ni tués ni affaiblis : au contraire, ils continuent à se développer avec beaucoup d'énergie. Mais ils ne sécrètent plus leurs toxines; leur biologie est modifiée, leur virulence détruite; ils sont, en quelque sorte, changés en bactéries saprophytes, qui ne sont plus dangereuses. Banti a prouvé que le *B. subtilis* peut rester en vie pendant des mois dans la moelle des os et dans la glande hépatique, sans donner nais-

sance à des phénomènes nocifs appréciables. Le même fait aurait lieu pour les bactéries ainsi modifiées et rendues avirulentes.

Des changements semblables de biologie peuvent s'observer dans les cultures. Ainsi, dans des conditions spéciales, le *B. prodigiosus* et le *B. pyocyaneus* cessent d'élaborer leurs pigments, tout en continuant à se développer assez bien (Schottelius, Charrin, etc.); le changement est alors visible. Mais, d'autres fois, il reste inaperçu, parce qu'il porte, par exemple, sur l'aptitude à produire des toxines; dans ce cas on ne peut plus le constater directement, et l'on doit s'adresser à l'expérience sur des animaux. C'est ce que Roux et Achalme ont fait; ils ont vu que le streptocoque, cultivé dans le bouillon, perd sa virulence pour le lapin, bien que ce milieu de culture ne modifie pas son développement : il semble, au contraire, le favoriser.

La notion de virulence, du reste, est très relative. Pasteur a vu que les microbes du rouget, inoculés en série aux lapins, deviennent toujours plus pathogènes pour ces animaux, mais en même temps le deviennent moins pour les porcs, et réciproquement; Roux et Achalme ont observé que le streptocoque, cultivé dans le bouillon, devient toujours moins pathogène pour le lapin, tout en gardant sa virulence vis-à-vis des cobayes et des souris; Achalme a fait acquérir au streptocoque le pouvoir d'acidifier le lait, mais en même temps il lui a fait perdre sa virulence originaire; De Blasi a fait perdre au *Bacterium disentericus* le pouvoir d'acidifier le milieu et de produire des gaz, tout en laissant inaltérée sa virulence pour les animaux de laboratoire; etc. En somme, les agents infectieux peuvent subir des modifications variées dans leur action pathogène, dans leurs échanges nutritifs, dans leur biologie, sans que pour cela leur forme subisse des changements, sans que leur puissance de multiplication s'amoindrisse. Aussi, Bouchard a pu dire que le pouvoir végétatif est indépendant du pouvoir toxique, et Roger que les changements biologiques ne sont pas nécessairement accompagnés de changements morphologiques.

Metchnikoff avait remarqué que le charbon, cultivé dans le sérum d'animaux vaccinés, perd sa virulence. Dans ce cas, pourtant, il pouvait s'agir d'un affaiblissement des germes, dû à un pouvoir bactéricide véritable. La première observation, rigoureusement constatée, du pouvoir antivirulent est due à Roger, lequel a vu le streptocoque se développer avec une énergie extraordinaire dans le sérum de lapins vaccinés, mais y devenir inoffensif. Roger et Charrin ont fait la même constatation pour le bacille pyocyanique, et d'autres auteurs en ont fait de semblables pour d'autres microbes.

Comme les deux facteurs examinés précédemment, ce facteur-ci n'est pas général. Souvent même on constate un fait très étrange : des animaux réfractaires à une infection fournissent un sérum qui augmente la virulence des bactéries qui produisent cette infection. Parfois, il arrive aussi que ces animaux perdent leur résistance habituelle, et contractent la maladie; on observe alors que les bactéries retirées de leur corps possèdent une virulence très marquée, et rendent malades ou tuent les individus de même espèce à des doses assez faibles. Si l'on pratique des passages à travers plusieurs autres individus, on voit que la dose nécessaire pour produire la maladie ou la mort s'amoindrit de plus en plus. Au lieu d'une atténuation, il y a donc une exaltation de virulence (Metchnikoff, Gamaleïa).

On peut donner une explication simple de ces faits. Il est connu que les bactéries peuvent être habituées à des conditions de milieu défavorables, pourvu que le passage ne s'accomplisse pas brusquement, mais d'une façon graduelle. Par exemple, on peut les amener à supporter l'action de substances fortement toxiques. Il se produit alors une adaptation des microorganismes aux nouvelles conditions de vie : leur biologie change.

Dans les cas relatés plus haut, on doit admettre que, sous l'action de causes spéciales, non encore déterminées, les microorganismes réussissent à s'adapter aux conditions nocives qu'ils trouvent dans l'économie d'un animal dont les humeurs sont bactéricides ou antivirulentes. Ensuite, ils demeurent indemnes si on les injecte à un autre animal de la même espèce : ils ne ressentent donc plus l'action bactéricide ou antivirulente des humeurs, et, en conséquence, ils déterminent l'infection. Comme aucune action nocive ne s'exerce plus sur eux, ils se développent mieux et plus abondamment, et produisent une plus forte quantité de toxines; ils sont donc devenus plus dangereux, et peuvent agir à des doses plus modérées qu'auparavant.

On peut concevoir aisément les conditions dans lesquelles ces adaptations et ces augmentations corrélatives de virulence se produisent. — Si, par exemple, on injecte une dose très élevée de culture, on forcera plus facilement la résistance de l'animal; les microorganismes se développeront mieux, et leur virulence en sera exaltée. Si, au contraire, on fait usage d'une dose modérée de culture, l'organisme réussira à lutter contre l'infection et à en triompher; le parasite sera affaibli et rendu avirulent; et son élimination, ou sa destruction au moyen des phagocytes, seront rendues plus faciles et plus sûres.

Des différences identiques peuvent s'observer

quand, au lieu de faire passer le microbe par l'économie, on le cultive dans le sérum d'un animal réfractaire. Dans ce cas, les résultats changent selon qu'on fait usage d'une dose massive ou faible de culture, selon la source du microbe employé, etc.

En définitive, donc, l'exaltation de la virulence dénoterait une action atténuante ou antivirulente réelle de la part des humeurs, et en serait même une preuve. Les conditions variées dans lesquelles on peut se mettre pour l'exécution de ces recherches expliqueraient l'inconstance des résultats obtenus et les contradictions nombreuses auxquelles sont arrivés les expérimentateurs. C'est ainsi que, par exemple, Fodor, Ogata et Jasuhara, Sadowski, Nuttall, Nestchajew, Sanarelli, Kitt, Nissen, Archhaoff, etc., ont atténué plusieurs microbes dans le sang, le sérum et le corps d'animaux réfractaires; tandis que Malm, Lubarsch, Metchnikoff, Gamaleïa, Trapeznikoff, Wagner, Roux, Enderlen, Petermann, Rodenko, Mlle Tsiclinsky, Sanarelli (dans quelques cas), Mosny, Issaeff, etc., les ont exaltés; et Serafini, Bergonzini, Enriquez, Nissen (dans quelques cas), etc., n'ont obtenu aucun résultat.

Récemment, Ehrlich a admis un mode d'action semblable, mais non identique à l'action antivirulente dont nous venons de parler; nous en dirons donc un mot ici. — D'après Ehrlich, les substances défensives peuvent neutraliser simplement les molécules toxiques liées aux corps des bactéries, sans agir d'une manière quelconque sur la vitalité ni sur la virulence de ces dernières. Cette théorie s'impose par sa simplicité; d'autre part, elle explique d'une manière nouvelle et claire un nombre considérable de faits. Mais nous croyons que, jusqu'à présent, elle n'a pas été démontrée d'une manière définitive; nous nous bornons donc à la signaler et à l'admettre comme vraisemblable.

IV

A côté des deux pouvoirs déjà étudiés, on a l'habitude d'en placer un troisième, le *pouvoir agglutinant*, qui a été découvert par Charrin et Roger, et appliqué à la Médecine par Widal. Il est assez connu pour que je puisse me dispenser de dire en quoi il consiste.

Je crois convenable de faire remarquer, cependant, que nous ne sommes pas ici en présence d'un facteur autonome, d'un moyen de défense indépendant des autres moyens étudiés précédemment. Bordet a reconnu que le phénomène de l'agglutination s'accomplit après l'union des microbes (ou de toute autre espèce de cellules qui le manifestent, par exemple des globules sanguins) avec des substances spéciales, qui altèrent leurs rapports d'attraction. En d'autres termes, les cellules microbiennes (ou d'autre nature) se combinent avec certaines substances, qui leur confèrent une force attractive supérieure à la force attractive qu'elles possèdent dans les conditions ordinaires, et qui provoquent leur rassemblement en amas.

Il va sans dire que toutes les substances défensives dont nous nous sommes occupé jusqu'ici (bactéricides, antivirulentes, ou qui neutralisent simplement les toxines microbiennes, comme l'admet Ehrlich) peuvent produire ce résultat, puisqu'elles agissent sur les microbes.

Elles peuvent aussi se montrer inactives à l'égard de l'agglutination; mais cela dépend uniquement du fait qu'en s'unissant avec les microbes elles n'altèrent pas les rapports attractifs mutuels dont nous venons de parler, ou qu'elles les font diminuer au lieu de les faire augmenter [1].

Par elle seule, donc, l'agglutination n'indique rien de précis. La multiplicité des substances qui entrent en jeu pour la produire, et qui parfois dérivent les unes des autres, leurs modes d'action divers et même antagonistes, leurs affinités, plus ou moins grandes, envers les récepteurs des microbes aptes à les fixer, les rapports variés selon lesquels ces substances et les récepteurs microbiens correspondants peuvent exister, rendent le phénomène très atypique. Ainsi, certains sérums, qui n'agglutinent pas à de fortes concentrations, deviennent agglutinants quand on les dilue (Eisenberg et Volk, Lipstein, Wassermann, etc.).

Lorsque l'agglutination existe, elle ne permet même pas de mesurer la force bactéricide, antivirulente ou curative des liquides qui la possèdent.

Qu'en dehors de toute action dirigée contre la vitalité ou la virulence des germes, l'acte mécanique de l'agglutination joue un certain rôle dans la défense de l'économie, c'est une supposition vraisemblable. Il se peut, par exemple, que les bactéries agglutinées ne réussissent pas à se nourrir, ni à se multiplier aisément, car les liquides nutritifs

[1] Ehrlich avait appelé *récepteurs de 2e ordre* les substances qui, en s'unissant simplement aux microbes, les agglutinent sans les tuer, et neutralisent leurs groupements toxiques. Il avait appelé *récepteurs de 3e ordre* ou *ambocepteurs* les substances qui se fixent sur les microbes, attirent sur eux les compléments, et déterminent leur mort et leur dissolution.

Je crois que ce dualisme ne peut plus être admis tel quel, puisque Bordet et Gengou ont vu que les récepteurs de 3e ordre ne produisent pas toujours la mort des germes; Bail, Eisenberg et Volk, etc., auraient démontré que certaines substances agglutinantes ont la constitution des récepteurs de 3e ordre; Wechsberg et d'autres ont établi qu'à de fortes concentrations certains sérums agglutinants tuent les germes sur lesquels ils agissent. La distinction, admise par Ehrlich, entre les deux espèces de récepteurs est toujours valable; mais on doit différencier ces deux espèces par leur constitution, et non par leurs effets.

On peut en dire autant des anticorps, comme l'a établi Gengou, et comme semblent l'indiquer certaines expériences de Eisenberg et de Centanni.

doivent se renouveler avec lenteur dans l'intérieur des amas, à cause des résistances et des frottements que les corps microbiens opposent au mouvement de leurs molécules. Il se peut aussi que les phagocytes saisissent mieux les microbes agglutinés, comme le suppose Metchnikoff. En tous cas, ce rôle ne doit pas être bien grand, car Salimbeni a vu l'agglutination se produire *in vitro*, en présence de l'oxygène de l'air, et non dans l'intérieur de l'organisme, où le milieu est presque partout réducteur, comme l'a découvert Ehrlich.

Widal et d'autres auteurs ont réussi à établir que les leucocytes ne jouent aucun rôle dans la production des substances agglutinantes étudiées par eux.

V

Comme la théorie bactéricide et la théorie phagocytaire — les seules qui alors étaient en discussion — ne s'adaptaient pas à tous les faits connus, Behring conçut la théorie du *pouvoir antitoxique des humeurs*, d'après laquelle les humeurs des animaux réfractaires rendraient inoffensives les toxines émises par les microbes, même dans le cas où le développement des microbes eux-mêmes n'est pas entravé. De cette manière, l'organisme ne serait plus intoxiqué : il pourrait donc mieux lutter contre les agents infectieux, s'en débarrasser, et vaincre ainsi l'infection.

La théorie de Behring s'appuyait sur un grand nombre de faits et d'expériences.

Kaufmann et Kaulback, Fornara, Metchnikoff et Rodenko avaient déjà immunisé des animaux contre le venin des serpents et des crapauds et contre les produits toxiques du *B. pyocyaneus*. Quand les toxines du tétanos et de la diphtérie furent isolées, Brieger et Fränckel, Behring et Kitasato, Vaillard, Tizzoni et Cattani réussirent aussi à immuniser des animaux contre ces deux toxines. De plus, Behring constatait que le sérum des animaux ainsi immunisés est capable de rendre inactives de grandes quantités de poison. On connaît la grande valeur de cette découverte, car c'est elle qui a donné la sérothérapie du tétanos et de la diphtérie. Ensuite, on a fait un nombre considérable d'essais et d'expériences sur d'autres toxines bactériennes; il est impossible d'en parler, à moins de parcourir tout le champ de la Bactériologie. Behring admettait que ce procédé, c'est-à-dire la neutralisation des toxines d'origine bactérienne par des antitoxines produites dans l'économie, intervient normalement dans tous les cas d'immunité innée ou acquise, naturelle ou artificielle; mais il a vite renoncé à cette théorie.

Il est naturel oue le pouvoir antitoxique des humeurs puisse exister contre des substances nocives d'origine non bactérienne. Par exemple, le hérisson, le scorpion, les serpents possèdent un sérum qui neutralise leur propre venin. Phisalix et Bertrand ont vu que le sérum de hérisson détruit aussi le venin de la vipère; Phisalix et Contejean, que le sang de salamandre neutralise le curare; Ehrlich a obtenu artificiellement le pouvoir antitoxique contre certains venins végétaux ; Phisalix, Bertrand, Calmette contre des venins animaux; Besredka, enfin, contre des venins minéraux.

Récemment, Carbone a découvert que la production d'anticorps peut être provoquée aussi par les substances toxiques que l'économie élabore sous l'influence des agents infectieux qui l'envahissent.

Behring admettait que les substances antitoxiques (contenues dans les humeurs des organismes réfractaires) agissent directement sur les toxines correspondantes. Leur action serait un fait chimique simple, analogue au rôle de certaines substances (ICl^3, H^2O^2, $AuCl^3$, etc.), qui détruisent un certain nombre de venins par oxydation, combinaison, décomposition, etc.

A cette manière de voir on a opposé un certain nombre d'objections. Par exemple, Buchner a observé qu'un mélange de toxine tétanique et de son antitoxine (fournie par des chevaux vaccinés) est indifférent pour les souris, tandis qu'il est nuisible pour les cobayes; et il en a conclu que l'antitoxine ne neutralise pas la toxine, mais manifeste son action d'une manière indirecte, par l'intermédiaire de l'organisme. Cette action indirecte, détournée, se produit sur l'organisme de la souris, mais non sur celui du cobaye. — A l'interprétation de Buchner on peut opposer encore, avec Behring, que, dans son expérience, la neutralisation de la toxine n'était pas complète, et que la toxine libre tuait les cobayes, qui sont assez sensibles, et non les souris, qui le sont peu. Il est possible aussi d'admettre, d'accord en cela avec la théorie d'Ehrlich, que les éléments histogènes du cobaye possèdent, envers la toxine tétanique, une affinité plus grande que ceux de la souris, et peuvent la soustraire à l'antitoxine; de là, l'intoxication de l'animal.

Une autre expérience, due à Calmette, semblait contredire la possibilité d'une action directe exercée par l'antitoxine sur la toxine. Calmette a remarqué qu'en chauffant à 68° C. un mélange de toxine de serpents et de son antitoxine, on ne détruit que cette dernière, comme si elle était libre; il a donc admis qu'une combinaison chimique entre les deux principes n'est pas possible. Mais il se peut très bien, comme le dit Behring, que la combinaison soit instable, et que la température employée par Calmette la brise.

Plus récemment, enfin, Ehrlich a démontré, d'une

manière définitive, que venin et contre-venin agissent directement l'un sur l'autre, d'après la loi des combinaisons simples. Il a fait cette démonstration pour la ricine. D'autres auteurs sont arrivés au même résultat. Nous pouvons donc encore admettre l'ancienne vue de Behring, c'est-à-dire qu'il intervient toujours une action directe de l'antitoxine sur la toxine correspondante.

Nous estimons convenable de faire ici une remarque. Les toxines, émises par les bactéries, doivent se trouver d'abord dans leur corps. En conséquence, il faudrait s'attendre à ce que les sérums bactéricides, c'est-à-dire obtenus en injectant les bactéries, et qui agissent sur ces dernières, soient en même temps antitoxiques, c'est-à-dire capables de neutraliser les toxines élaborées par les bactéries elles-mêmes. Le fait contraire devrait aussi être vrai. Cependant, un tel parallélisme, qui semble presque nécessaire, fait presque constamment défaut. On peut faire un certain nombre de suppositions pour expliquer ce fait; nous nous contentons ici de le signaler, en attendant que des recherches nouvelles viennent l'éclaircir.

VI

Au même titre que les humeurs, les tissus peuvent être le siège d'un pouvoir bactéricide ou antivirulent plus ou moins manifeste. Ils peuvent aussi, plus simplement, ne pas favoriser le développement des microbes. Ainsi, la plupart des microbes ne sont présents que d'une façon tout exceptionnelle dans les muscles et dans la substance nerveuse, tandis qu'ils envahissent très bien tous les parenchymes. Mais il y a des cas où l'état bactéricide est encore plus répandu et intéresse tous les tissus de l'organisme en même temps. Roger a signalé ce fait, en employant un microbe anaérobie, celui du charbon symptomatique, qui pousse très bien dans l'intérieur des tissus morts, où l'oxygène manque. Comme sujets d'expérience, il a fait usage de lapins et de cobayes tués par hémorragie, et soigneusement lavés à l'eau physiologique, de façon à enlever toute trace de sang et de sérum. Après avoir injecté les microbes dans leurs veines, il a détaché les jambes de ces animaux et les a laissées pendant vingt-quatre heures au laboratoire. Il a constaté alors qu'elles se gonflaient fortement si les animaux n'avaient pas été traités d'avance : cela dénotait un développement considérable des germes et une forte production corrélative de gaz. Au contraire, elles ne changeaient pas si les animaux avaient été préalablement vaccinés. Donc les tissus des animaux vaccinés ne sont pas aptes à la vie ni à la multiplication des bactéries. Voswiendel a fait la même expérience, en employant des grenouilles privées de sang et maintenues vivantes avec de l'eau physiologique stérilisée; les résultats ont été identiques.

Ces expériences sont passibles de quelques objections, comme l'a montré Lubarsch. Mais il y a d'autres faits encore relatifs à l'action que les tissus exercent sur les microbes.

Que chaque tissu offre à leur développement des conditions spéciales, c'est là un fait bien mis en évidence par certaines observations de Capparelli. Cet auteur a reconnu que les microbes présents dans les poumons, le cerveau, les muscles, etc., se colorent tous différemment avec les mêmes procédés; cela dénote que, dans ces conditions distinctes de vie, ils acquièrent des constitutions et des propriétés différentes. Les observations de Bitter parlent encore mieux en faveur de cette hypothèse; Bitter a obtenu des terrains artificiels doués de fertilités assez différentes, selon que les tissus rénal, hépatique, musculaire, etc., entraient dans leur constitution. Enfin, Heim a démontré que certains extraits organiques sont capables d'affaiblir et de tuer les microbes. Tous les tissus peuvent donc être le siège d'actions bactéricides ou atténuantes, ou bien ils peuvent modifier la constitution des microbes et, par là, leur biologie.

L'état bactéricide ou atténuant des tissus ne doit pas nous surprendre, car les humeurs sont élaborées par les éléments cellulaires. Elles sont ce que les cellules les font, comme dit Bouchard. Du moment, donc, qu'on trouve dans l'organisme des humeurs bactéricides ou atténuantes, c'est qu'elles doivent exister d'abord dans l'intimité des tissus, et doivent leur conférer les mêmes propriétés.

VII

Quelques tissus manifestent un pouvoir antitoxique très marqué, dirigé contre des toxines bactériennes ou bien contre des toxines d'autre nature. Ainsi, après les expériences de Schiff, Héger, Orfila, Lautenbach, Minkowsky, etc., nous savons que le foie atténue notablement la toxicité de quelques alcaloïdes végétaux et des sels d'ammonium, et que c'est dans le foie que s'accomplissent les sulfo-conjugaisons. Quant aux toxines bactériennes, Bouchard et Roger ont montré le rôle du foie dans la neutralisation des produits toxiques des fermentations intestinales, et Charrin a reconnu que les produits solubles du bacille pyocyanique tuent plus difficilement les lapins si on les oblige à passer à travers le foie. Des constatations semblables ont été faites par Queirolo, Pestana, Roux et Vaillard, etc. Roger et Charrin ont établi que ce sont surtout les toxines solubles dans l'alcool que le foie neutralise ou détruit.

La gravité des maladies infectieuses chez les hépatiques n'est pas due aux seuls produits anormaux que la glande hépatique malade élabore et verse dans l'économie; mais aussi, certainement, au manque de neutralisation des toxines bactériennes de la part du foie.

Cet organe ne détruit pas les seules substances toxiques provenant des agents infectieux ou de l'extérieur, mais aussi les substances toxiques que l'économie déviée, pervertie, malade, élabore au cours des infections et des intoxications. Par exemple, quand on injecte dans les veines les albumoses du commerce, ou bien au cours de certaines infections, il se forme, dans le sang, de fortes leucolyses, qui livrent de grandes quantités de leuconucléine. Cette substance possède une action coagulante des plus marquées, puisque c'est elle qui fournit le ferment fibrineux (Hammarsten). Mais le foie la fixe et la neutralise, et empêche son action nuisible (Delezenne). En même temps, il perd le pouvoir anticoagulant qu'il possède à l'état normal (Athanasiu et Carvallo).

Un rôle important dans la neutralisation des toxines semble être dévolu à l'intestin. Tout le monde sait qu'un grand nombre de substances toxiques manifestent une action minime si elles sont absorbées par le tube digestif; ainsi, le curare, l'abrine, la ricine, les poisons des serpents, etc., injectés dans les veines ou par la voie sous-cutanée, produisent une action bien plus manifeste que quand ils sont introduits par la voie buccale. Le même fait se répète pour certains produits bactériens : Bouchard l'a démontré pour ceux du choléra, Charrin pour ceux du *B. pyocyaneus*, d'autres auteurs pour ceux de la diphtérie, du tétanos, du *B. Coli*, etc.

Mais il faut procéder avec prudence dans l'interprétation de ces faits. Dans quelques cas, il ne s'agit que d'une absorption plus lente ou plus difficile à travers le tube digestif; le poison arrive alors dans l'économie en trop faible quantité pour l'intoxiquer. C'est le cas pour le curare. D'autres fois, les poisons absorbés s'arrêtent dans la glande hépatique, et là subissent une neutralisation, comme nous l'avons vu pour les alcaloïdes. Il peut aussi y avoir une action défensive, manifestée par les produits normaux de la digestion, ou par le mucus intestinal et gastrique; c'est ce qui arrive pour certains sels des métaux lourds. Une action doit revenir enfin à la riche flore intestinale et à ses produits.

Pour mettre en évidence le rôle exclusif de l'intestin, il faut éliminer toutes ces possibilités. C'est ce qui a été pratiqué, dans quelques cas, par Charrin et par Sanarelli.

Charrin, en collaboration avec Cassin, a vu que, si l'on altère l'épithélium intestinal, le rôle protecteur dont nous avons parlé manque, bien que les toxines doivent encore passer à travers le foie et que la flore intestinale soit toujours présente. On doit donc admettre que ni le foie ni la flore intestinale n'interviennent, et l'on peut éliminer ces deux facteurs. D'autre part, il a vu que, si l'on fait macérer l'intestin dans de l'eau physiologique, et si ensuite l'on mélange la macération ainsi obtenue avec les produits toxiques de certaines bactéries, on supprime, presque complètement, la toxicité de ces produits. — L'action de l'intestin porte surtout sur les substances colloïdes, précipitées par l'alcool; le foie, au contraire, agit de préférence sur les substances solubles dans l'eau et non précipitées par l'alcool.

Sanarelli a observé que, si les produits du *B. coli* sont absorbés à travers l'intestin, ils ne sont pas capables de vacciner; mais ils le deviennent si on les injecte soit dans la veine porte, soit par la voie sous-cutanée. Donc, c'est l'intestin seul qui empêche leur action vaccinante; le foie n'y exerce aucun rôle.

L'action neutralisante de l'intestin sur les toxines semble due surtout à ses sucs digestifs. Nencki, Mmes N. Sieber et E. Schoumow-Simanowski, Charrin et Levaditi ont reconnu que le suc pancréatique est très actif contre la toxine diphtérique; Fraser, Phisalix, Calmette, que la bile l'est contre les venins des serpents; Fermi et F. Celli, que le suc gastrique détruit le poison du tétanos. Les mêmes liquides digestifs se montrent, par contre, inactifs, ou presque, contre les microbes; leur action n'est donc qu'antitoxique.

Il est bien établi aujourd'hui que beaucoup d'organes (les corps adrénaux, le thymus, la glande thyroïde, les glandes parathyroïdes, le pancréas, les glandes génitales, etc.) accomplissent un rôle analogue à celui du foie vis-à-vis de certaines toxines produites normalement dans l'économie. Il se peut très bien que le même fait se présente pour des toxines élaborées au cours des infections. On a exécuté un certain nombre de recherches qui ont trait à cette question, et qui consistent à observer quelle action exerce l'ablation de ces différents organes sur la gravité des infections expérimentales. Mais les résultats obtenus ne sont pas encore décisifs : on a trouvé, comme le dit Charrin, des nuances plutôt que des différences marquées.

VIII

Certains tissus, au lieu de neutraliser les toxines, sont simplement susceptibles de les fixer, et empêchent qu'elles atteignent des tissus physiologiquement plus élevés ou bien plus sensibles — par

exemple le système nerveux — et qu'elles y manifestent leur activité nocive. J'en donnerai quelques exemples. Metchnikoff, en injectant la tétano-toxine au scorpion, a reconnu qu'elle disparaît vite de la circulation et se fixe dans le foie, où elle reste longtemps telle quelle; Brieger a démontré que la mytilo-toxine s'accumule aussi dans le foie des moules; Orfila a vu que le phosphore, l'arsenic et le mercure s'accumulent dans le foie des animaux supérieurs; Cl. Bernard a fait la même constatation pour les iodures, et Féré pour les bromures; Dumoulin a vu que les sels de plomb se rassemblent en grande quantité dans les parois intestinales et dans la peau; Behring, Roux, Dönitz, Heymans et Masoin ont constaté que la tétanine, la diphtérine, le venin des serpents et certains nitriles disparaissent assez vite de la circulation; Decroly a prouvé, à son tour, que la toxine diphtérique disparaît parce qu'elle se fixe dans le foie et dans les reins, et qu'il est nécessaire d'en injecter une dose plusieurs fois mortelle pour qu'elle persiste encore dans le sang après une heure; Ermengern, Wasserman, Takaki et d'autres ont établi que la botuline et la tétanine peuvent se localiser dans le système nerveux; Casagrandi, que les toxines du pneumocoque de Talamon et Fränckel sont retenues par les leucocytes. En somme, cette fixation s'accomplit dans des tissus et dans des organes variés. Le rôle protecteur que certains d'entre eux exercent a lieu seulement jusqu'à une certaine limite, comme on peut le déduire de quelques expériences exécutées par Roux et Borrel. Ensuite, la fixation se produit dans les organes sensibles, c'est-à-dire sujets à l'intoxication. — Cette limite change pour chaque espèce animale; ainsi, pour ce qui regarde la tétanine, elle est très élevée chez la poule, faible chez le lapin et presque nulle pour le cobaye.

IX

Eliminer les substances toxiques produites au cours des maladies infectieuses est une des conditions les plus essentielles de la guérison.

L'organe le plus important de cette élimination est le rein. Tous les médecins connaissent, en effet, l'importance de l'intégrité rénale et de la diurèse dans la plupart des maladies infectieuses. Beaucoup de substances toxiques d'origine non bactérienne et de composés chimiques non volatils suivent aussi cette voie : par exemple, les composés aromatiques, les baumes, le poison des serpents (selon Ragotzi), beaucoup de sels minéraux et d'alcaloïdes (après avoir subi une modification préalable plus ou moins grande dans l'économie), etc. Bouchard a été le premier à démontrer cette élimination au cours d'une maladie infectieuse, le choléra asiatique. Ensuite, elle a été vérifiée dans beaucoup d'autres maladies par Griffiths, Rummo et Bordoni, Roger et Baume, Williers, Bruschettini, etc. Quand les reins fonctionnent mal, les produits toxiques se rassemblent dans l'économie, et, dans ces cas, les maladies infectieuses prennent une allure grave; par exemple, la malaria acquiert un caractère pernicieux.

Quelques substances toxiques peuvent s'éliminer à travers les poumons, comme l'avaient déjà démontré Wurtz, Brown-Séquard et d'Arsonval pour les acides gras, l'ammoniaque et les leucomaïnes, c'est-à-dire pour des produits toxiques normaux de l'activité vitale. Armand et Charrin ont fait la même constatation pour certains produits bactériens volatils, et Benhl a prouvé que ces produits peuvent manifester une action vaccinante (pour le vibrion avicide). — La mauvaise haleine, qui accompagne beaucoup de maladies infectieuses, dénote la présence de ces produits dans l'air expiré.

Des substances toxiques peuvent être contenues dans les crachats (Griffiths, Bonardi).

L'élimination des toxines peut avoir lieu encore par le tube digestif, avec la bile, le suc gastrique, etc. La diarrhée, qui accompagne un certain nombre d'infections et d'intoxications, en est une preuve : elle doit être considérée comme une réaction de l'organisme, qui, par ce moyen, se débarrasse des substances irritantes émises dans l'intestin.

Pendant quelques entérites, accompagnées d'infections étrangères à l'intestin, on a essayé inutilement de trouver les microbes spécifiques dans les excréments. Ce fait semble dû à la circonstance que les produits toxiques seuls passent dans l'intestin, mais non les corps des microbes. Sanarelli a démontré que ces conditions se réalisent, par exemple, pour le typhus, autrefois considéré comme dû à une infection intestinale caractéristique, tandis que les bacilles du typhus se retrouvent seulement dans la rate et dans le système lymphoïde, et n'apparaissent qu'assez tard dans l'intestin. Si l'on injecte à un cobaye les toxines typhiques par la voie sous-cutanée, on détermine des manifestations intestinales tout à fait semblables à celles du typhus, et qui, évidemment, sont dues au passage des toxines injectées à l'intérieur de l'intestin. Depuis longtemps, Charrin a démontré que ce fait arrive aussi pour les substances toxiques du bacille pyocyanique; en effet, elles déterminent de fortes entérites si on les injecte dans les veines, tandis que, par la voie buccale, elles sont presque sans aucune action. Des faits semblables ont lieu pour quelques poisons chimiques. Ainsi, pendant l'urémie, l'urée est émise, en grande partie, à travers l'intestin, où elle subit la fermentation ammoniacale et produit des troubles locaux et généraux plus ou moins graves.

L'élimination à travers la peau a lieu surtout par la sueur. Elle a été démontrée par Salter et Walsh et par Cafiero dans quelques maladies infectieuses, mais non dans toutes celles qui ont été étudiées par eux. Probablement, les érythèmes, qui accompagnent un si grand nombre de maladies infectieuses, sont dus à l'élimination de substances chimiques irritantes; ensuite, ils peuvent devenir le siège d'infections secondaires. Les suppurations cutanées, qui se produisent pendant certains troubles digestifs dus à des fermentations intestinales excessives, semblent être redevables de la même cause (Bouchard). Enfin, tout le monde connait l'importance de la diaphorèse pour la guérison de beaucoup de maladies infectieuses.

Cette voie d'élimination est souvent suivie par des substances chimiques d'origine non bactérienne. C'est le cas pour les iodures, les bromures, l'antipyrine, le mercure, l'arsenic (Bergeron et Lemattre), etc., substances qui peuvent déterminer des troubles bien connus (iodisme, bromisme, hydrargyrisme, etc.). C'est aussi le cas pour les acides gras, les acétones, etc., substances qui prennent naissance dans l'économie, par suite de l'activité vitale des tissus; pour l'acide sulfhydrique, qui se produit dans les fermentations intestinales, et dont une partie seulement est émise par les poumons ou s'oxyde dans l'organisme; pour l'urée, qui, pendant l'urémie, s'élimine en partie à travers la peau, où elle donne naissance à de petits cristaux; etc.

Les substances toxiques peuvent être rejetées encore par d'autres voies, par exemple avec le lait. Il est de notion courante que le lait de femmes frappées par des maladies infectieuses est dangereux pour les enfants qu'elles allaitent; mais peut-être a-t-on exagéré cette action nocive (Roger). Sevestre, Lesage, Siebert ont vu que l'usage, de la part des nourrices, de mets avariés, chargés de toxines bactériennes, peut provoquer des troubles assez forts, et même la mort, chez les enfants. Ehrlich, Brieger, Ketscher, G. Klemperer, etc., ont observé le passage de substances protectrices dans le lait; Fubini et Bonanni le passage de l'atropine; et ainsi de suite. Mais l'importance de cette élimination comme moyen de défense de l'économie doit être tout à fait restreinte.

Nous devons examiner une dernière espèce, bien étrange, d'élimination. Pendant quelques arthropathies d'origine infectieuse, on n'a pas réussi à déceler la présence de microbes dans les synovies affectées; on a donc admis que les principes pathogènes sont seuls rejetés par cette voie, et qu'ils produisent les lésions caractéristiques de ces maladies, tout comme certains produits de l'activité vitale viciée (l'acide urique et les urates acides dans la goutte).

X

Non seulement les substances élaborées par les agents infectieux, mais les agents infectieux mêmes peuvent être rejetés hors de l'organisme.

Une élimination mécanique de certains microbes a déjà lieu à l'état normal avec la bile, l'urine, le mucus bronchial et nasal, les larmes, la sécrétion vaginale, etc., qui maintiennent stériles les voies organiques internes d'où ces sécrétions proviennent, et avec l'exfoliation de l'épiderme, qui débarrasse la peau d'un certain nombre de microbes.

Les mêmes moyens servent pendant certaines maladies. Par exemple, le vomissement et la diarrhée éloignent les microbes nocifs des voies digestives, en même temps que les substances toxiques élaborées par eux; l'expectoration détermine le rejet d'un grand nombre de microbes, qui se trouvent à l'intérieur des organes de la respiration (pneumocoques, bacilles de la tuberculose, de l'influenza, etc.). Cette espèce d'élimination peut être favorisée par un système nerveux facilement réagissable, par des épithéliums vibratils assez actifs ou par des conformations anatomiques appropriées.

On se trouve encore en présence d'une élimination mécanique lorsque des abcès ou des collections de pus s'ouvrent à l'extérieur. Dans ces cas, autour des foyers infectieux, il se forme d'abord une barrière de tissu nouveau, avec des granulations; cette barrière est protégée par les phagocytes et empêche la diffusion ultérieure du processus (Metchnikoff, Ribbert, etc.). Les microbes périssent alors en partie dans la région lésée, à cause de la double action exercée par les phagocytes et par les sucs organiques bactéricides, mais plus spécialement à cause du défaut de nutrition et de l'accumulation des produits de rejet des microbes (Bonome). A la fin, les tissus morts se détachent et s'éliminent, en entraînant avec eux les bactéries qu'ils contiennent.

L'élimination des agents pathogènes se retrouve généralement chez les plantes, dans lesquelles les foyers infectieux sont, presque toujours, délimités par subérification et soustraits à l'économie générale. Quelquefois, les blessures sont fermées aussi par des résines. Dans les végétaux, on peut observer le fait étrange que le processus de réaction, qui donne naissance à l'élimination, a lieu à distance; ainsi, si l'on lèse la nervure médiane d'une feuille chez une balsamine, la blessure ne se cicatrise pas; elle peut alors être facilement infectée; mais, après quelque temps, la feuille entière tombe.

Je dirai encore que les Protozoaires se libèrent souvent des microbes (Chytridiens, Bactéries, etc.), ou des spores qui les envahissent, par un procédé analogue, en les expulsant. Chez eux, l'élimination

peut se faire encore à l'aide de la reproduction. On observe alors que les agents infectieux sont inégalement répartis entre les cellules-filles; ce fait se répète pendant deux ou plusieurs générations; à la fin, on trouve quelques cellules indemnes, qui propagent l'espèce (Hafkine).

On croyait autrefois que, dans les organismes supérieurs, les bactéries pouvaient aussi être rejetées à travers les émonctoires intègres, surtout à travers les reins; mais on a dû reconnaître que cela n'arrive jamais.

Dans certains cas, les organismes supérieurs se défendent par un autre mode, tout spécial, d'élimination. Ils produisent alors, autour du foyer infectif, une enveloppe de tissu conjonctif, que les bactéries ne peuvent plus franchir, ou du moins qu'elles ne peuvent franchir que difficilement. De cette manière, la diffusion ultérieure de l'infection est empêchée ou retardée. Par exemple, autour des foyers tuberculeux, il se forme souvent, soit de simples revêtements fibreux, soit des incrustations de phosphate de chaux, qui peuvent contenir du fer. Les médecins autopsistes savent très bien que, dans les poumons d'un grand nombre d'autopsiés, on retrouve de ces capsules, lesquelles ont réussi à entraver le développement du processus tuberculeux et ont produit une guérison véritable. Si cela n'arrivait pas, les cas de tuberculose seraient assurément bien plus nombreux qu'ils ne le sont déjà.

Tous les animaux parasites qui envahissent l'économie (échinocoques, trichines, etc.) subissent cette espèce de séquestration, comme, du reste, tout corps étranger. De cette manière, ils sont rendus moins dangereux, et, parfois, ils sont tués. Les collections de pus peuvent aussi être encapsulées.

XI

Un rôle mécanique de protection est exercé par les revêtements du corps, c'est-à-dire la peau et les muqueuses. La résistance qu'on acquiert avec l'âge contre certaines maladies infectieuses semble due surtout à l'épaississement de ces parties. C'est ce qu'on observe chez les cobayes femelles, vis-à-vis des streptocoques et des bacilles de la diphtérie, qui, introduits dans leur vagin, provoquent l'infection chez les jeunes animaux, mais sont inoffensifs pour les animaux âgés (Calmette, Löffler, Mirto). Il est possible que, pour une raison analogue, la diphtérie et les exanthèmes aigus cessent de frapper les personnes adultes.

On a pu constater que les bactéries elles-mêmes peuvent se défendre par un processus mécanique, en s'entourant d'enveloppes protectrices, qui amoindrissent les effets exercés sur elles par les solutions toxiques. Par exemple, Danysz a constaté que le bacille du charbon, habitué à vivre dans le sérum d'animaux réfractaires, y sécrète un mucus abondant, dont il s'entoure, et qui le protège; c'est ce qui se produit surtout dans les humeurs du lézard. Bordet a fait une constatation identique pour le streptocoque, cultivé dans le sérum de cobaye. Metchnikoff a prouvé que, dans la gerbille (*Meriones Schawii*), le bacille de la tuberculose sécrète toute une série d'enveloppes semblables. Il est bien connu que, même chez les animaux sensibles, le charbon pneumobacille, etc., s'entourent d'une capsule protectrice. Enfin, les spores, si résistantes aux actions nocives chimiques, possèdent un moyen mécanique de protection, représenté par leur membrane, qui est assez peu perméable aux substances antiseptiques.

XII

Dans la fièvre, on a voulu voir un processus réactif favorable à l'organisme. Ce point de vue est déjà très ancien, mais il a été appuyé dernièrement par un certain nombre de faits, relatifs surtout à l'infection charbonneuse.

Cantani et d'autres médecins ont observé que, quand les malades atteints de charbon présentent une température assez élevée, ils guérissent presque toujours, tandis que l'hypothermie est suivie, presque fatalement, de la mort. L'élévation de la température exercerait donc une action favorable au malade. Pasteur a constaté que les poules, dont la température est supérieure à celle des Mammifères, sont insensibles au charbon; et, dans l'idée que leur résistance était liée à leur haute température, il les a refroidies, et, de cette façon, les a rendues sensibles; son hypothèse était donc vérifiée. Fodor, d'autre part, a observé que le sang de lapin, réchauffé à 38°-40° C., exerce sur le charbon une action bactéricide plus marquée qu'à la température des Mammifères ou à une température plus basse. Gamaleïa a vu que, si l'on injecte le bacille du charbon à des animaux rendus fiévreux, il se détruit plus facilement que chez les animaux bien portants. Bouchard, enfin, a tenté, avec succès, de sauver des lapins contre le charbon expérimental par des injections préalables, ou contemporaines, de *B. pyocyaneus*, parce que ce microbe est capable de produire une élévation de température de quelques degrés, comme l'ont vu Charrin et Ruffer. Dans tous ces cas, on aurait une preuve de l'action défavorable exercée par le processus fiévreux sur les bacilles du charbon, et, par conséquent, de son action favorable sur l'évolution de la maladie.

Des observations semblables ont été faites pour d'autres infections. Ainsi Rovighi a vu des lapins injectés avec plusieurs microbes mourir plus diffi-

cilement à de hautes températures, et plus vite et plus sûrement à des températures basses. Lipari a vu que des lapins, refroidis d'une manière durable, étaient plus sensibles à la pneumonie. Filhene et Penzo, enfin, ont reconnu que la chaleur favorise la cicatrisation des plaies. Aujourd'hui, tous les médecins connaissent l'importance de la chaleur humide pour la guérison de beaucoup d'infections locales, et ils en font un large usage.

L'hypothèse relative au rôle de la haute température dans la marche des infections a reçu quelques restrictions, à la suite de certains résultats obtenus par Koch, Canalis et Morpurgo, Bouchard, Wagner, etc., qui en affaiblissent la portée. Mais elle n'en reste pas moins assez vraisemblable.

Quelquefois, c'est le cas contraire à celui relaté tout à l'heure qui arrive. Ainsi, quelques animaux dont la température est basse ne peuvent pas contracter certaines maladies infectieuses, ou bien ne sont pas sujets à certaines intoxications. Par exemple, la grenouille est incapable de contracter le charbon ou le tétanos si l'on n'élève pas sa température. Elle est aussi réfractaire à la tétanine, mais elle y devient sensible dans les mêmes conditions. Selon Fermi et Salsano, aux hautes températures, les souris et les cobayes sont plus sensibles à la tuberculose aviaire. Enfin, Metchnikoff a constaté qu'à la température ordinaire les caïmans sont tout à fait incapables de fournir l'antitoxine tétanique, mais qu'ils deviennent susceptibles de le faire si on élève leur température.

Il est avantageux de rapprocher, avec Ehrlich, ces observations du fait, bien connu, que certaines réactions chimiques ne s'accomplissent pas à des températures trop basses.

En dernière analyse, on voit donc que la température de l'animal est un facteur qui intervient pour changer les conditions de la lutte entre l'organisme et les infections.

XIII

Nous arrivons à l'étude du dernier facteur dont nous devons nous occuper.

La constitution des cellules de l'organisme peut être ou devenir telle, que les toxines ne manifestent plus aucune activité nocive. Cela est bien naturel, car nous savons que la constitution des éléments cellulaires est extrêmement variable. Tandis que le cuivre est un poison actif à l'égard des Vertébrés, il est un élément indispensable pour la vie de beaucoup d'Invertébrés, dans le sang desquels il remplace le fer. L'aldéhyde formique tue la plupart des êtres organisés, mais elle peut servir à l'alimentation du *Tyrothrix tenuis* (Péré). L'acide sulfhydrique est assez dangereux pour les animaux supérieurs, mais est utilisé par les microbes thiogènes, qui l'oxydent et le transforment successivement en soufre, sulfites, sulfates (Winogradsky). Beaucoup de microorganismes peuvent vivre très bien dans les toxines les plus actives pour les animaux supérieurs, comme la tétanine (Behring). On pourrait facilement multiplier les exemples. On conçoit que, de la même manière, certains venins protéiques doivent produire de remarquables modifications pathogènes sur les cellules de quelques animaux, et se montrer tout à fait inertes sur les cellules d'autres animaux ; ou bien qu'ils peuvent perdre leur activité, une fois que ces cellules ont subi certaines modifications, comme cela arrive avec la production de l'immunité. On conçoit aussi la possibilité, pour les venins protéiques en question, de s'adapter complètement aux modifications intimes que les divers organismes, ou que les mêmes organismes dans des conditions variées, font subir à la matière vivante. C'est que les cellules élaborent toutes de manières différentes les principes alimentaires, et qu'elles peuvent aussi changer leur type nutritif.

Chez les êtres unicellulaires, les observations relatives à ces changements de biologie sont déjà fort nombreuses. Cohn, Balbiani, Davenport et Neal, Czerny, etc., ont démontré qu'on peut conduire graduellement des Protozaires d'eau douce à vivre dans des solutions salines plus ou moins concentrées ; Hafkine est parvenu à habituer des Paramécies à de fortes doses de substances alcalines, comme Stahl des plasmodes au sucre de raisin ; Bucholtz, Kossiakoff, Danysz, Trambusti, Effront, etc., ont fait des observations analogues sur diverses bactéries et sur quelques levures, qu'ils ont graduellement amenées à vivre dans des milieux chargés de substances antiseptiques ou de sels minéraux ; Dissert a fait utiliser le galactose par certaines levures ; Nuttal a habitué le charbon à vivre dans les humeurs du lapin ; Sawtschensko, dans celles du rat ; Trommsdorf et Hafkine, le choléra et le typhus dans celles du lapin ; Nocard a transformé le bacille de la tuberculose humaine dans celui de la tuberculose aviaire, en le cultivant dans le corps des pigeons (renfermé dans de petits sacs en collodion) ; c'est en suivant la même méthode que Vincent, Gasperini et d'autres ont transformé des microbes parasites en microbes pathogènes. Le charbon, qui, en passant en série par le corps des lapins ou des pigeons, devient toujours plus virulent pour ces animaux (Metchnikoff), acquiert également une véritable immunité contre les actions toxiques que l'organisme exerce sur lui. Des adaptations assez étranges peuvent se produire même à l'égard de certaines causes physiques ; Dallinger, par exemple, a amené graduellement des Flagellés à

vivre de la température de 15°5 C. à celle de 70° C.

Dans tous ces cas, quand il n'y a pas une production de moyens mécaniques de défense, on est forcé d'admettre que le protoplasma même de ces êtres subit des modifications dans sa constitution et dans sa biologie[1].

Pour ce qui a trait aux organismes supérieurs, Grawitz, en 1881, avait déjà attribué à la constitution et à l'insensibilité des éléments vivants, et spécialement des cellules nerveuses, l'immunité naturelle ou acquise. Mais il n'en a pas donné de preuves suffisantes. En général, il est assez difficile, même aujourd'hui, de dire si ce facteur intervient. Il est possible, par exemple, que, dans la tuberculose chronique, il se forme une accoutumance des cellules de l'organisme aux toxines qui proviennent soit directement des bactéries, soit du chimisme vital troublé; mais nos connaissances ne sont pas encore assez avancées pour pouvoir l'affirmer sans restriction. Dans l'accoutumance à de fortes doses de morphine, de tabac, d'alcool, il est probable aussi que la constitution des cellules change seule, de manière qu'elles deviennent réfractaires à ces poisons; mais les preuves n'en sont pas encore données. On en aurait dit autant de l'accoutumance aux composés arsenicaux, avant les recherches de Besredka; tandis qu'aujourd'hui nous savons que, dans ce cas, il y a production d'antitoxines.

Quelquefois il existe, cependant, de forts indices et des données positives qui parlent en faveur de ce mécanisme. Metchnikoff, par exemple, a vu que si l'on injecte la tétanine ou la diphtérine aux tortues, ou bien la tétanine aux larves d'*Oryctes nasicornis*, elles peuvent séjourner pendant des mois dans le corps de ces êtres, sans y subir de changements et sans produire aucun malaise. Tout en restant actives, elles n'agissent donc pas sur leurs tissus. Calmette et Deléarde ont constaté que la grenouille est sensible à l'abrine, mais qu'on peut l'immuniser. Si, ensuite, on injecte l'abrine à l'animal ainsi immunisé, il ne meurt pas; et cependant son sang contient le poison à l'état actif, capable de tuer les souris. L'abrine n'a donc pas été neutralisée ni détruite, et l'on doit admettre, au moins comme assez vraisemblable, que les cellules de l'animal ont subi certaines modifications, qui les rendent incapables d'en ressentir l'influence toxique.

En faveur de la même hypothèse, on a des faits encore plus probants. Ainsi Pfeiffer et Issaëff ont établi que l'action protectrice qu'exerce le sérum d'hommes guéris du choléra disparaît vite, tandis que l'immunité des sujets dure assez longtemps. Pfeiffer et Kolle ont fait la même constatation pour des personnes atteintes de typhus. D'autre part, ils ont vu qu'en immunisant des cobayes contre le typhus, les premiers changements dans les humeurs apparaissent seulement de quatre à huit jours après la première injection, tandis que l'immunité se manifeste déjà après trois à quatre jours. Pfeiffer et Marx ont observé aussi que, quand on immunise des animaux contre le choléra, il arrive un moment où quelques tissus sont déjà antitoxiques, tandis que le sang ne l'est pas encore. La même observation a été faite, pour d'autres agents pathogènes, par Wassermann, van Emden, Deutsch, etc. Behring et d'autres auteurs ont constaté, enfin, qu'il n'y a pas de parallélisme entre l'immunité des chevaux qui livrent le sérum antidiphtérique et la force curative de leur sérum. Dans tous ces cas, on doit admettre nécessairement que l'immunité est liée, non à une composition nouvelle des humeurs, qui n'existe pas encore, ou qui est trop faible, ou qui a déjà disparu, mais à une constitution nouvelle des éléments cellulaires.

Dans quelques cas, on s'est efforcé de pénétrer plus intimement dans le mécanisme par lequel prennent naissance ces changements de constitution des cellules. Ehrlich, par exemple, a démontré que la résistance que les animaux acquièrent contre certains poisons qui dissolvent leurs globules rouges est due à la perte, subie par ces globules mêmes, de certains groupements atomiques, qui attirent à eux les substances dissolvantes, et qu'Ehrlich nomme *récepteurs*. Une observation analogue a été faite par Römer. Cet auteur immunisait des lapins contre l'abrine, en déposant des solutions toujours plus concentrées de ce poison sur leur œil gauche. Quand on avait établi l'immunité par cette voie, l'animal se montrait encore sensible à l'abrine si on la déposait sur l'autre œil. Dans cette expérience, comme dans l'expérience précédente, on doit admettre une perte locale des récepteurs, subie par les seules cellules sensibles à l'intoxication, sans aucune intervention ni des humeurs ni des phagocytes.

On s'explique de la même manière la résistance que les bactéries acquièrent contre les actions nocives que l'organisme envahi exerce sur elles; en effet, ces bactéries peuvent perdre l'aptitude à être agglutinées par les humeurs (Sacquépée). Des recherches faites par nous sur l'immunité que les cobayes traités avec le bacille typhique acquièrent à l'égard du coli-bacille semblent démontrer que, dans ce cas, l'immunité n'est pas due à la perte des récepteurs, mais à leur instabilité, c'est-à-dire à la facilité, acquise par les cellules, de les abandonner. Ce fait avait déjà été supposé par Ehrlich.

[1] Il est probable que, de la même manière, les spores résistent à de hautes températures à cause d'une constitution différente de leur protoplasma (faible teneur en eau, basse température de coagulation).

La modification des cellules et leur adaptation aux conditions nouvelles de vie peuvent devenir si complètes, qu'un retour aux conditions anciennes, autrefois normales, représente souvent une cause d'intoxication et de mort. C'est ce qui a été démontré par Czerny et par Stahl sur des Amibes et sur des Myxomycètes : le milieu ancien d'existence a donc cessé d'être apte au maintien de la vie.

Il est probable que, d'une manière identique, la suppression brusque de l'alcool ou de la morphine à des personnes qui y sont habituées peut amener des accidents nerveux très graves, parfois mortels, connus depuis longtemps : il s'était donc produit une accoutumance complète des cellules à ces agents toxiques, qui étaient devenus presque nécessaires à leur vie ou à leur fonctionnement.

Behring a nommé *immunité histogène* la résistance des animaux aux intoxications et aux infections, quand elle est liée à une constitution spéciale des tissus. Naturellement, l'immunité active est toujours histogène; en effet, les changements de composition des humeurs sont toujours accompagnés (ou bien produits) par des changements de constitution corrélatifs dans les cellules, comme Bouchard l'a indiqué depuis longtemps.

L'expression de Behring est toutefois justifiée à d'autres points de vue. Les changements cellulaires peuvent avoir lieu indépendamment des changements humoraux ; de plus, ils peuvent être de deux espèces : tels que les cellules exercent une action quelconque (antivirulente, atténuante, antitoxique, etc.) sur les bactéries et sur les toxines, ou bien tels que les cellules mêmes deviennent incapables d'en ressentir l'action. C'est à cette dernière espèce de changements que doit se rapporter l'expression, si heureuse et si commode, d'*immunité histogène*, proposée par Behring.

Quelquefois, d'après Behring, au lieu d'une immunité histogène, il se produirait le fait contraire, c'est-à-dire une *hyper-sensibilité* histogène, ce qui se comprend très facilement. Gamaleïa avait aussi admis la possibilité d'une *prédisposition* cellulaire, ce qui revient au même.

XIV

Nous avons passé en revue tous les facteurs qui interviennent dans la production de l'immunité et dont nous avons connaissance. Il y en a, sans doute, d'autres encore. Il est naturel, par exemple, que les substances toxiques, provenant de la vie des microorganismes, puissent non seulement être neutralisées ou éliminées de l'économie, mais oxydées, décomposées, détruites dans l'intimité des tissus, par suite des phénomènes du chimisme vital. De la même manière, les tartrates, les acétates, etc., brûlent et donnent des carbonates, de l'eau et de l'anhydride carbonique ; les sels d'ammoniaque fournissent de l'urée, etc. D'après Poehl, cité par Gautier, l'oxydation des produits microbiens serait due surtout à la spermine soluble. Il se peut aussi que certains moyens de défense, que nous considérons aujourd'hui comme simples, devront être dédoublés dans la suite. Mais, sur ces points, nous ne pouvons faire encore que des hypothèses plus ou moins hasardées.

Tous les moyens de défense dont nous avons parlé peuvent être influencés par les infections, ou bien par les intoxications; ils peuvent être supprimés, exaltés, réduits ou modifiés d'autres façons.

Ainsi Platania, Wagner, Charrin, Cantacuzène et d'autres ont montré qu'en introduisant dans l'économie du curare, de l'alcool, du clorare, du mercure, de la morphine, etc., à des doses très faibles, on peut rendre assez graves des infections légères. Dans ces circonstances, il est impossible de parler d'une superposition des deux influences nocives, parce qu'elles sont trop faibles toutes les deux, et les effets qu'on obtient par leur réunion sont supérieurs à la somme simple de ceux qu'elles produisent séparément. On doit donc admettre une intervention indirecte sur l'organisme, exercée par une des deux causes, et qui facilite l'action de l'autre ; il s'agit, probablement, de la suppression de quelqu'un des moyens de défense de l'organisme.

Il se peut que quelques substances émises par les bactéries agissent de la même manière. Leur action peut porter, par exemple, sur la phagocytose : attirer, stupéfier, paralyser, éloigner, tuer, dissoudre les phagocytes, ou bien encore nécroser les tissus, comme le ferait un caustique, de façon à donner naissance à des produits qui attirent les phagocytes ; etc. Les substances d'origine bactérienne produisent ainsi des leucocytoses et des hypoleucocytoses locales, des phagolyses, des collections de phagocytes tués (suppurations), etc. Bouchard a isolé de quelques cultures un principe qui paralyse les phagocytes, comme le feraient le chloroforme et la paraldéhyde; Löwitt, van de Velde, Georghiewski, Schlesinger, Delezenne, Neisser et Wechsberg, Casagrandi, Carbone, à leur tour, ont démontré l'action d'autres substances (leucocydines, leucolysines), qui les tuent et les dissolvent, comme le feraient du sublimé ou de l'ammoniaque. Van de Velde et Casagrandi ont pu aussi constater que, pendant l'immunisation des lapins contre les staphylocoques ou les pneumocoques de Talamon-Fränckel, il se produit, dans l'organisme, une substance qui neutralise l'action de la leucocydine et de la leucolysine contenues dans les cultures de ces microbes. Ainsi l'intervention des phagocytes est permise ou favorisée d'une manière indirecte.

Mais l'action exercée sur la phagocytose peut être plus détournée encore. Par exemple, certaines substances bactériennes peuvent provoquer des actions réflexes locales, qui augmentent ou restreignent le calibre des vaisseaux, ou bien qui empêchent ces actions de se produire. D'autre part, elles peuvent agir directement sur les centres vaso-moteurs. Ainsi, Bouchard a prouvé que les produits solubles du *B. pyocyaneus* rendent difficile la phagocytose ; cependant, ils ne tuent pas les phagocytes, ils ne les paralysent pas, ni ne les repoussent ; ils ne diminuent pas, non plus, le calibre des vaisseaux : en effet, la pression sanguine reste inaltérée; ils se bornent, tout simplement, à empêcher la dilatation des vaisseaux. Dans ces conditions, l'excitation des nerfs vaso-dilatateurs ne produit plus aucun effet. L'action paralysante de ces substances intéresse aussi bien les centres bulbaires (excitation du dépresseur) que les centres médullaires (excitation de l'auriculo-cervical).

Il peut y avoir une action indirecte sur la phagocytose quand la nutrition des organes phagocytaires change, de manière qu'ils élaborent une quantité de phagocytes plus élevée ou plus faible que dans les conditions ordinaires. Cette action peut acquérir une certaine valeur dans la marche de beaucoup de maladies infectieuses ; en effet, la leucocytose est, presque toujours, suivie de la guérison, tandis que l'hypoleucocytose est souvent suivie de la mort. — La fièvre, qui est produite par beaucoup d'infections ; l'anhydride carbonique, qui se rassemble dans le sang quand la respiration est troublée, peuvent aussi agir indirectement sur les phagocytes, en les excitant ou en les paralysant.

L'importance que peut avoir la conservation ou la suppression de ce facteur est prouvée, entre autres, par les recherches suivantes de Vaillard. Si l'on injecte des bacilles du tétanos à un cobaye, on voit qu'aussitôt les phagocytes les incorporent et les détruisent. Mais, si on les renferme d'abord dans un sac de papier ou de collodion, ou bien dans de l'agar, de façon que les phagocytes ne puissent plus les atteindre, les bactéries se multiplient et versent dans l'économie leurs produits, qui tuent l'animal. Le même résultat peut être obtenu si, avec les microbes, on injecte des substances qui rendent plus difficile, ou qui empêchent tout à fait l'action des phagocytes : par exemple, de l'acide lactique, de la toxine tétanique ou septicémique, etc. Des expériences analogues ont été faites par Roux, Salimbeni, Metchnikoff, etc.

Pour ce qui est de l'action des produits bactériens sur les autres moyens de défense de l'organisme, ceux-ci peuvent être modifiés de plusieurs manières. Ainsi, les cellules qui sécrètent les substances bactéricides ou antitoxiques peuvent être fortement endommagées, de telle sorte que les pouvoirs bactéricide et antitoxique des humeurs s'amoindrissent; les reins peuvent être altérés, et devenir incapables d'éliminer complètement les produits toxiques; les centres de la respiration peuvent être paralysés, de telle sorte que la combustion des toxines ne s'accomplit plus qu'insuffisamment; le foie peut devenir incapable de fixer et de neutraliser les toxines, etc. Nous pouvons concevoir encore d'autres possibilités; mais nos connaissances sont très incomplètes sur ces points, parce que les données expérimentales qui les éclaircissent sont encore fort peu nombreuses.

Je suis arrivé à la fin de ma tâche. Il ne m'a pas été possible d'être aussi simple que je l'aurais voulu, parce que les faits sont déjà complexes en nature. J'espère, néanmoins, avoir été clair, et avoir atteint le but que je m'étais proposé en commençant : présenter au lecteur, dans une revue rapide, les faits principaux relatifs à la production de l'immunité.

Dr Lorenzo Verney,
de l'Institut d'Hygiène de l'Université de Rome.

CONTRIBUTION A LA THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL

M. Guillaume a été assez aimable pour me communiquer en épreuves son excellent travail sur la théorie des aciers au nickel[1], et pour me demander de prendre part à la discussion qu'il désire provoquer à ce sujet.

En réalité, sur les cinq premiers chapitres, c'est-à-dire sur toute la partie du Mémoire où l'interprétation s'appuie solidement sur l'expérience, je n'ai absolument rien à dire, sinon que j'ai le plaisir de me trouver complètement d'accord avec l'auteur.

Reste le sixième chapitre intitulé : « Mécanisme hypothétique des transformations du fer dans les aciers au nickel. » M. Guillaume y cherche, dans le développement de considérations fort ingénieuses, une solution au moins provisoire des difficultés encore pendantes. C'est ici seulement que l'on peut trouver place à discussion.

[1] Voyez Ch.-Ed. Guillaume : La théorie des aciers au nickel, dans la *Revue* des 15 et 30 juillet 1903, p. 705 et 764.

I

Le problème serait résolu si l'on connaissait, d'abord la nature, ensuite la marche de chacune des transformations qui se produisent dans les différents alliages de fer et de nickel.

La courbe qui indique, en fonction de la composition des alliages, le début de la transformation magnétique, est donnée par la figure 5 de M. Guillaume et reproduite par les lignes *ab*, *AB*, *CDE* de ma figure 1. La branche *CDE* montre un maximum vers 67 °/₀ de nickel, et ce maximum donne naturellement l'idée d'un composé défini Ni^2Fe, idée que j'ai le premier émise[1] non pas comme une conclusion ferme, mais, par acquit de conscience, comme l'une des hypothèses plausibles

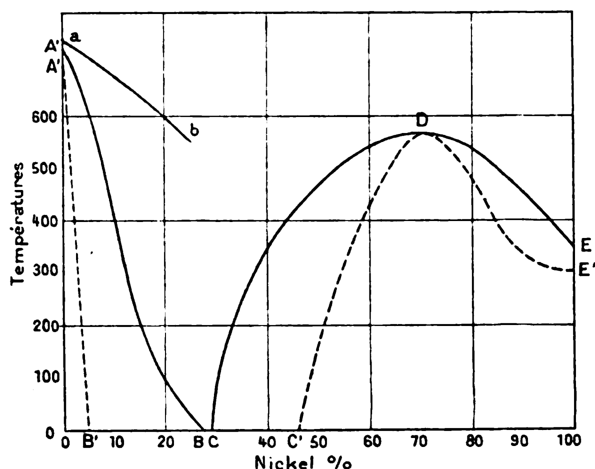


Fig. 1. — *Transformation magnétique des aciers au nickel en fonction de la composition des alliages.*

suggérées par la forme de la courbe. Je n'ai jamais eu de prévention particulière en faveur du composé Ni^2Fe, et je l'abandonne sans aucun regret, puisque M. Guillaume démontre aujourd'hui, par la détermination quantitative des changements de volume, que les transformations sont de même nature dans les alliages réversibles et dans les irréversibles.

Cela admis, les transformations auxquelles nous avons affaire, en supposant le carbone absent ou négligeable, restent au nombre de trois, à savoir :

Transformation du fer γ en fer β,
— fer β en fer α,
— nickel β en nickel α.

Mais, dès que le nickel atteint une certaine teneur, les trois transformations se superposent, ou paraissent se superposer. Pour les reconnaître individuellement et en suivre la marche, il faudrait caractériser chacune d'elles par une propriété physique, spécifique et mesurable, qui permit, à chaque instant, d'en déterminer l'avancement.

Quelles sont donc les propriétés auxquelles on peut songer à s'adresser ?

J'en vois six : la capacité calorifique, le magnétisme, la dilatabilité, la magnéto-striction, la résistivité et le pouvoir thermo-électrique.

Indépendamment des variations continues de la capacité calorifique, chaque transformation donne lieu à un dégagement de chaleur pendant le refroidissement, et au phénomène réciproque pendant le chauffage. Ces dégagements de chaleur ne sont donc pas spécifiques d'une transformation en particulier. Cependant, la quantité de chaleur dégagée par la transformation du fer γ en fer β est beaucoup plus grande (au moins le double) que la quantité dégagée par la transformation du fer β en fer α, et cette dernière elle-même est beaucoup plus grande que celle qui accompagne la transformation du nickel, difficilement mise en évidence par la méthode de Regnault. Les phénomènes thermiques sont donc relativement caractéristiques des transformations du fer.

J'ai identifié la transformation magnétique du fer avec le point Ar_2 (ou Ac_2), à l'exclusion du point A_3[1], et cette identification a été confirmée depuis lors, notamment par Mme Curie[2]. Mais, si les deux points A_2 et A_3 fusionnent, l'apparition (ou la disparition) du magnétisme cesse d'être un signe spécifique. En tout cas, rien ne distingue le magnétisme du fer de celui du nickel, qualitativement.

La transformation du fer γ en fer β, seule, donne lieu à un changement brusque de volume, et ce changement est inverse des changements progressifs normaux. C'est un phénomène très typique, mais il ne prouve pas que la transformation du fer γ en fer β ait lieu réellement. Les choses se passeront de même si la transformation se fait directement de γ en α.

M. Guillaume a montré comment les effets de la magnéto-striction, sur lesquels il avait fondé beaucoup d'espoir, étaient embrouillés par l'anomalie de dilatation.

La résistivité[3] et le pouvoir thermo-électrique[4] ne subissent pas de modifications brusques dans leur valeur au passage des points critiques; les courbes qui représentent ces constantes physiques montrent seulement, et non même dans tous les

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 304, 30 janvier 1899.

[1] Rapport sur les essais de trempe présenté à la Commission des Méthodes d'essai des Matériaux de Construction.

[2] *Bull. de la Soc. d'Encouragement pour l'Industrie nat.*, janvier 1898.

[3] Boudouard : Determination of the Points of Allotropic Changes in Iron and its Alloys by the Measurement of the Variations in the Electric Resistance. *Journal of the Iron and Steel Inst.*, année 1903. part. I.

[4] Osmond et Bayard : *Mém. Artillerie de la Marine* t. XV, 1887. Belloc : Thèse, 1903.

cas, un changement brusque de direction. La valeur expérimentale de la résistance ou du pouvoir thermoélectrique d'un alliage donné à une température donnée ne fournit donc qu'une seule équation pour déterminer trois inconnues; encore les lois de variation ne sont-elles connues pour chaque variété du fer ou du nickel que dans les limites de température où ces variétés sont naturellement stables et pures.

En somme, les propriétés spécifiques qui nous seraient nécessaires pour caractériser individuellement chaque transformation et son état d'avancement à chaque instant de sa marche nous font défaut.

ici dans leur ensemble des essais que j'ai faits il y a plusieurs années et qui n'ont été publiés que partiellement, soit dans de courtes notes aux *Comptes rendus* [1], soit comme annexe à un travail de M. Hadfield, pour les échantillons qu'avait bien voulu me procurer le savant métallurgiste anglais [2].

Ces essais sont complets au point de vue des teneurs en nickel et comme essais thermiques; ils sont incomplets comme essais magnétiques, parce que le courant était beaucoup trop faible pour aimanter à saturation les barrettes, relativement assez grosses, nécessaires pour l'application de la méthode du refroidissement.

TABLEAU I. — ***Composition chimique et propriétés d'une série d'aciers au nickel.***

PROVENANCE	COMPOSITION CHIMIQUE °/₀			MAGNÉTISME		FORCE PORTANTE ET MAGNÉTISME RÉMANENT			
	C	Mn	Ni	Disparition au chauffage	Apparition au refroidissement	Poids de la barrette	Force portante trouvée	Force portante calculée	Magnétisme rémanent
				degrés C.	degrés C.	gr.	kilogs	kilogs	mm.
H	0,19	0,79	0.27	735	715	10,285			14.7
H	0,13	0,72	0,94	700	675	11,230	5.050	5,05	14.9
H	0,19	0,65	3,82	710	628	9,795	4,675	4.80	25.0
H	0,17	0,68	7.65	710	530	10,770	3,725	4.60	60.0
H	0.23	0,93	15,48	623	145	10,670	2,725	4.30	135.6
H	0.19	0.93	19.64			11,285	1,950	4.10	124.5
H	0.16	1,00	24,51	558	40	12,345	0,450	3,90	112,3
I	0,16	0.32	24,75	540	27				
H	0,14	0.86	29,07	<0	<0	11,115	0,050	3,70	2,5
D	0,23	0,49	31,44	138	124	11,857	0,950	3,60	2,0
I	0,46	0,28	35,70	276	232	12,827	2,125	3,40	8,5
I	0.30	0,68	43,04	401	357	13,426	3,325	3,10	14,0
H	0,16	1,08	49,65	445	375	12.220	3.225	2,80	4,9
D	0,11	0,38	58,30	557	523	11,275	2,850	2.45	2.2
D	0,08	0,41	69.20	590	557	11,260	2,250	1,95	1,9
D	0,07	0,68	76,75	582	545	11,155	1,750	1,65	1,0
D	0,12	0,38	88.95	488	457	11,525	1.025	1,10	2,7
D	0,09	0,74	92,20	450	415	11,365	0.775	1,00	4,7
D	0,10	0,86	94,70	425	388	11,605	0,675	0.90	29,5
D	0,12	0,55	98,50	384	345	12,375	0,700	0,70	8,0

Le problème qui nous est posé semble donc actuellement insoluble.

Ce que nous avons de mieux à faire paraît être d'employer simultanément et comparativement les trois méthodes thermique, dilatométrique et magnétique. A défaut d'une solution complète, nous obtiendrons du moins ainsi des renseignements précis sur les transformations globales et, si les trois méthodes montrent quelques divergences, des indications sur l'interdépendance des trois transformations isolées.

Si ce programme était appliqué, on pourrait, ce qui me semble devoir être la première de nos préoccupations, terminer le diagramme des courbes initiales de la figure 1 par celui des courbes terminales, et ce serait un grand pas.

Mais les travaux antérieurs sont restés fragmentaires. En attendant que la tâche soit achevée, il ne sera peut-être pas tout à fait inutile de donner

La composition chimique des échantillons examinés est indiquée dans le tableau I. Ceux qui m'ont été donnés par M. Hadfield sont désignés par la lettre H. Les autres m'ont été fournis, directement ou par l'intermédiaire de M. Guillaume, par les Aciéries d'Imphy (I) et par celles de Denain (D), où M. Werth a eu l'obligeance de faire préparer spécialement les alliages à haute teneur.

J'arrive à la description des expériences.

II

Deux barrettes de chaque alliage, ayant chacune à peu près 40 millimètres de longueur et 6 à 7 millimètres de côté, sont ajustées de façon à serrer

[1] T. CXXVIII, p. 304, 30 janvier 1899, et t. CXXXIV, p. 594. 10 mars 1902.

[2] *Proceedings Inst. Civ. Engineers*, t. CXXXVIII, part IV, 1898-1899.

entre elles la soudure d'un couple Le Chatelier et ficelées l'une contre l'autre au moyen d'une couche de fil d'amiante enroulé. Le paquet ainsi formé est introduit dans un petit moufle en platine, de dimensions correspondantes, isolé au centre d'un solénoïde de 70 millimètres de long formé de 30 spires d'un fil de platine de $1^{mm},6$ de diamètre (fig. 2). Le tout est placé dans un petit four démontable dont le corps n'est pas représenté sur la figure et que l'on peut chauffer par la flamme d'un bec Bunsen à papillon plat. La partie droite du four est composée de deux briquettes *AA*, laissant passer entre elles les fils *FF* du couple thermo-électrique; la gauche, de la briquette *J*. Un écran *C* à circulation d'eau sépare le four d'une aiguille aimantée *NS*, orientée perpendiculairement aux barrettes par un aimant permanent qui règle la sensibilité du magnétomètre. Cette aiguille est suspendue, dans une cage vitrée, par un fil de cocon; elle porte un amortisseur à pa-

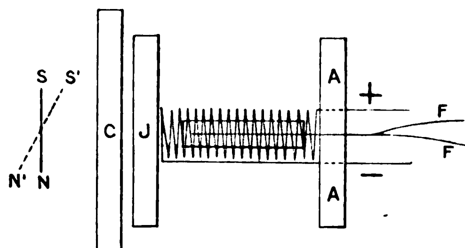


Fig. 2. — *Appareil pour l'étude des propriétés magnétiques des aciers au nickel.* — AA, briquettes laissant passer les fils FF d'un couple thermoélectrique; J, briquette fermant l'autre côté du four; C, écran; NS, aiguille aimantée.

lette immergé en partie dans un mélange convenable d'eau et de glycérine et un petit miroir réfléchissant sur une règle divisée transparente un index lumineux coupé par l'image d'un fil. Quand l'aiguille est déviée de sa position, par l'exemple en *N'S'*, l'index se déplace d'une longueur proportionnelle à la tangente du double de l'angle de déviation. Ce sont ces longueurs, lues en millimètres sur la règle placée à un mètre de l'aiguille, que nous prendrons pour mesure, en unités arbitraires, du moment magnétique.

Il est facile, à l'aide de cet appareil, de suivre l'apparition ou la disparition du magnétisme. L'aiguille aimantée étant au zéro, le four vide et froid, on donne le courant et on lit sur l'échelle la déviation due au solénoïde seul. On introduit alors le paquet des deux barrettes métalliques et on note la nouvelle déviation. Ensuite, on relie le couple à son galvanomètre, on ferme le four et on allume le brûleur. Deux observateurs, placés respectivement devant les échelles des températures et des déviations magnétiques, pointent sur le même chronographe le moment du passage des index sur chacune des divisions des échelles. Le chauffage terminé, on éteint le feu et on procède de même pendant le refroidissement spontané. Finalement, on a la déviation magnétique et la température en fonction du temps à chaque instant du chauffage ou du refroidissement, et on en déduit la déviation magnétique en fonction de la température et la loi de l'échauffement ou du refroidissement. Naturellement, dans la période où le métal cesse d'être ferromagnétique, la déviation devient constante et ne dépend plus que du courant.

Dans mes expériences, le courant, qui était celui du secteur, a varié, suivant les jours, de 5,6 à 6 ampères, donnant un champ d'environ 30 unités C. G. S. que l'on considère comme constant et qui l'a été, en effet, d'habitude avec une approximation suffisante pour l'objet que l'on avait en vue.

Comme je l'ai déjà dit, ce champ est beaucoup trop faible pour saturer les barrettes employées. Deux barrettes de nickel donnent une déviation au moins égale à celle de deux barrettes de fer du même volume. Dans ces conditions, la déviation maximum est, en réalité, la mesure du courant, et il est impossible de suivre dans toute son étendue la marche descendante ou montante du magnétisme.

Il faudrait pour cela, avec le même courant, des aimants énormément plus petits, comme en a pris M. Curie; mais les phénomènes thermiques cessent alors d'être enregistrables et je voulais précisément relier ces phénomènes au début de l'apparition ou à la fin de la disparition du ferro-magnétisme. A ce dessein, la méthode était convenablement adaptée.

Chaque expérience fournit quatre courbes : deux courbes thermiques *T* et deux courbes de déviations magnétiques *M*; les lettres *T* et *M* sont respectivement affectées des indices *c* pour le chauffage et *r* pour le refroidissement. Les quatre courbes d'un même échantillon forment un même diagramme et tous les diagrammes sont réunis dans la figure 3, dont les quatre colonnes se lisent de haut en bas et de gauche à droite dans l'ordre des teneurs croissantes en nickel. Dans tous les cas, les abscisses sont les divisions du pyromètre, à peu près proportionnelles aux températures au-dessus de 350°. Les ordonnées sont, pour les courbes thermiques de chauffage et de refroidissement, les temps écoulés entre les passages successifs de l'index sur deux divisions consécutives de l'échelle pyrométrique, à raison de 1 millimètre par seconde; pour les déviations magnétiques, les longueurs lues, au cinquième de leur vraie grandeur.

Toutes les barrettes avaient à peu près les mêmes dimensions, excepté celles de l'alliage à 31,44 °/₀ de Ni; les résultats sont donc quantitativement

comparables entre eux, du moins en première et grossière approximation.

Si l'on considère les phénomènes thermiques seuls, on retrouve les faits bien connus pour les alliages irréversibles : les points A_1, A_2, A_3, d'abord indépendants, se réunissent bientôt et s'abaissent progressivement quand la teneur en Ni augmente[1].

L'abaissement est beaucoup plus rapide au refroidissement qu'au chauffage. Pour l'alliage à 15,48, la courbe de refroidissement s'arrête au début du ralentissement; pour l'alliage à 24,51, la même courbe n'a pas été suivie jusqu'au bout, le ralentissement étant tout à fait voisin de la température ordinaire; elle n'a pas été pointée pour l'alliage à 24,75. L'alliage à 29,07 n'a pas de points critiques au-dessus de zéro.

Nous arrivons maintenant aux alliages réversibles, dont les courbes thermiques n'ont jamais été données.

Pour l'alliage à 31,44, le ralentissement au refroidissement (*Ar*) n'a pas été enregistré, à supposer qu'il put l'être, comme trop voisin de la température ordinaire, région où le refroidissement est trop lent; le ralentissement réciproque au chauffage (*Ac*) est à peine visible. A 35,70, on ne voit rien du tout. Pour les alliages suivants, contenant 43,04, 49,65, 58,30, 69,20, les points *Ar* et *Ac* sont généralement discernables, mais peu marqués; ils redeviennent très nets à 76,75, puis vont en s'atténuant jusqu'au nickel. Les faits sont normaux pour ces derniers alliages, à partir de 76,75. Mais on est d'abord surpris de constater, entre 31,44 et 69,20 des dégagements ou absorptions de chaleur si petits en valeur absolue et croissant, en valeur relative, en raison directe de la teneur en nickel. Comme rien ne permet de supposer, pour cette série d'alliages, l'existence d'un phénomène particulier masquant les phénomènes connus, la seule explication des apparences, puisque nous avons admis l'identité des transformations pour toutes les teneurs en nickel, est que ces transformations sont étalées sur un trop large espace de température pour être enregistrées par la méthode thermique. Cette explication est d'ailleurs plausible. M. Dumont[2] a, en effet, démontré que, à égale distance du commencement de la transformation, tous les alliages reversibles, jusqu'à 44 °/₀ au moins de nickel, ont même perméabilité magnétique, d'où il résulte que, pour le plus riche de ces alliages, les transformations ne sont pas encore complètement achevées à la température ordinaire et s'étendent, par conséquent, sur un intervalle de 450° environ; et cela sera confirmé plus loin. Comme la quantité de chaleur dégagée ou absorbée va, d'autre part, en diminuant avec la teneur en fer, on comprend aisément que les courbes thermiques se trouvent ici en défaut. Mais, puisque les ralentissements *Ar* et *Ac* redeviennent plus nets quand la teneur en Ni dépasse 50 °/₀, présentent un maximum à 76,75 et s'estompent ensuite, on peut conclure que les transformations, très lentement progressives jusqu'à 50 °/₀, se resserrent au delà, deviennent brusques vers le maximum *D* de la courbe *CDE* de la figure 1 et s'étalent de nouveau, passé ce maximum, mais sur un moindre intervalle de température que précédemment. Ceci sera utilisé pour les conclusions.

Examinons maintenant les courbes magnétiques. Une première remarque s'impose : on voit que, pour la plupart des alliages de 15,48 à 49,65 inclusivement, le magnétisme disparaît ou apparaît en deux temps. La première phase est réversible et débute à une température pratiquement à peu près constante, aux points *X* des courbes, entre 510 et 550°. Si l'on considère exclusivement les échantillons à 15,48, 24,51, 29,07, 49,65, qui, tous, viennent de M. Hadfield, on voit que cette première phase prend d'autant plus d'importance que la teneur en nickel est plus élevée; au contraire, elle est très peu marquée dans les échantillons d'Imphy et de Denain, absente même dans l'un d'eux (43,04). Faut-il supposer que les alliages de M. Hadfield contiennent quelque corps étranger amené par le nickel et cause de cette première phase? Ou bien avons-nous affaire à un effet du traitement thermique ou mécanique? Je l'ignore absolument. Mais il était important de signaler le fait, qui peut conduire à des conclusions tout à fait erronées. Ainsi, dans l'alliage à 29,07, les transformations normales ne sont pas commencées à la température ordinaire. Cet alliage ne devrait donc pas être ferromagnétique. Il l'est cependant, faiblement à la vérité, mais franchement, en raison de l'existence de la première phase en question. Et cette circonstance a été invoquée contre la théorie allotropique, sans aucune raison d'ailleurs, comme on le voit maintenant, puisqu'il s'agit d'un phénomène accessoire, erratique, sans cause actuellement assignable. Et, justement, dans l'ignorance où nous sommes, nous avons le droit de nous demander si ce phénomène n'a pas joué un rôle quelconque dans les essais purement qualitatifs de M. Dumas. Si la phase secondaire s'est présentée dans ces essais et qu'elle ait été confondue avec la phase principale, une révision des conclusions serait nécessaire.

A l'avenir, quand je parlerai de l'apparition ou

[1] Le point A_3 manque sur le diagramme de l'acier à 0,27, simplement parce que le chauffage n'a pas été poussé à température suffisante.

[2] *Recherches sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel*. Genève, 1898.

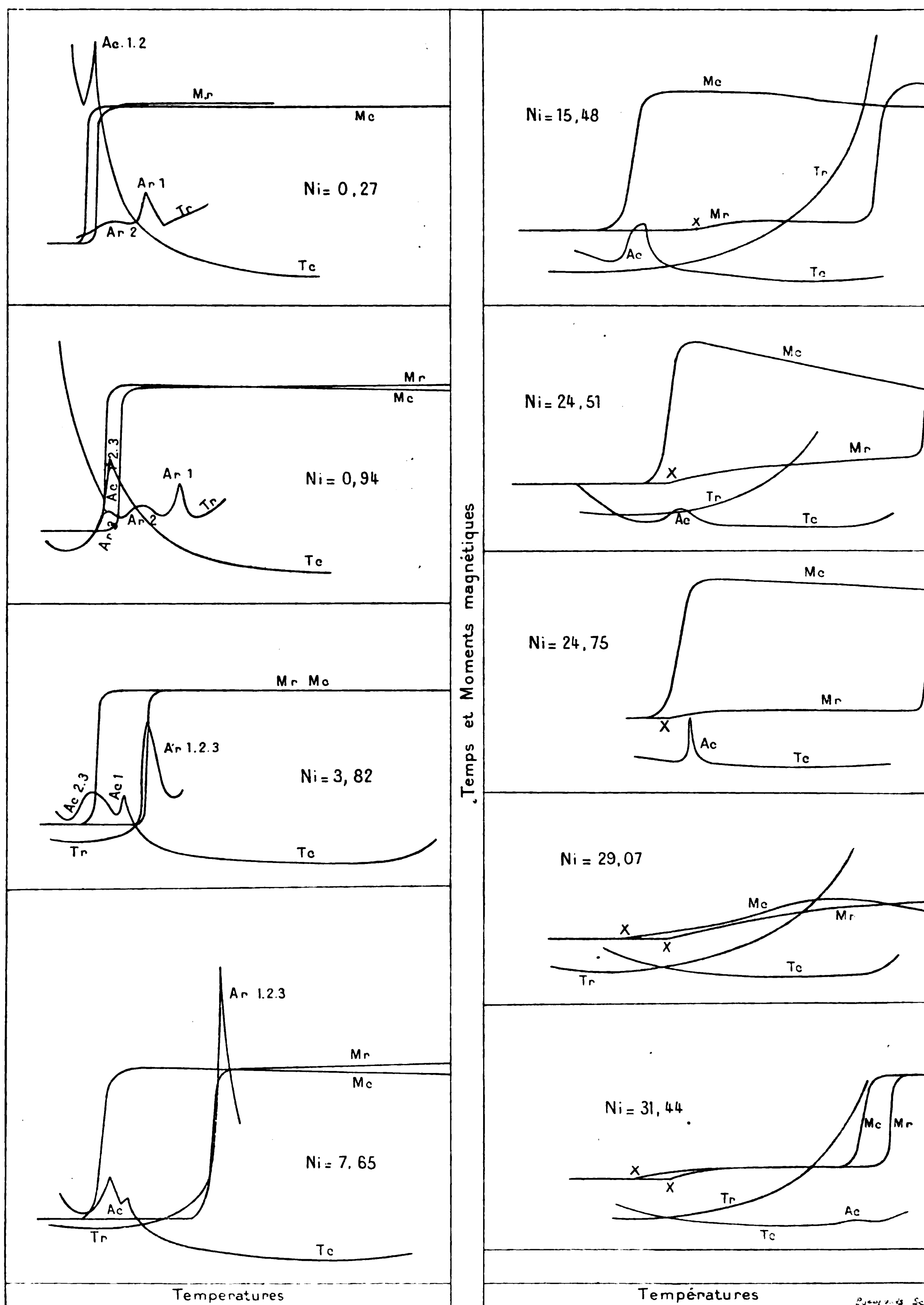
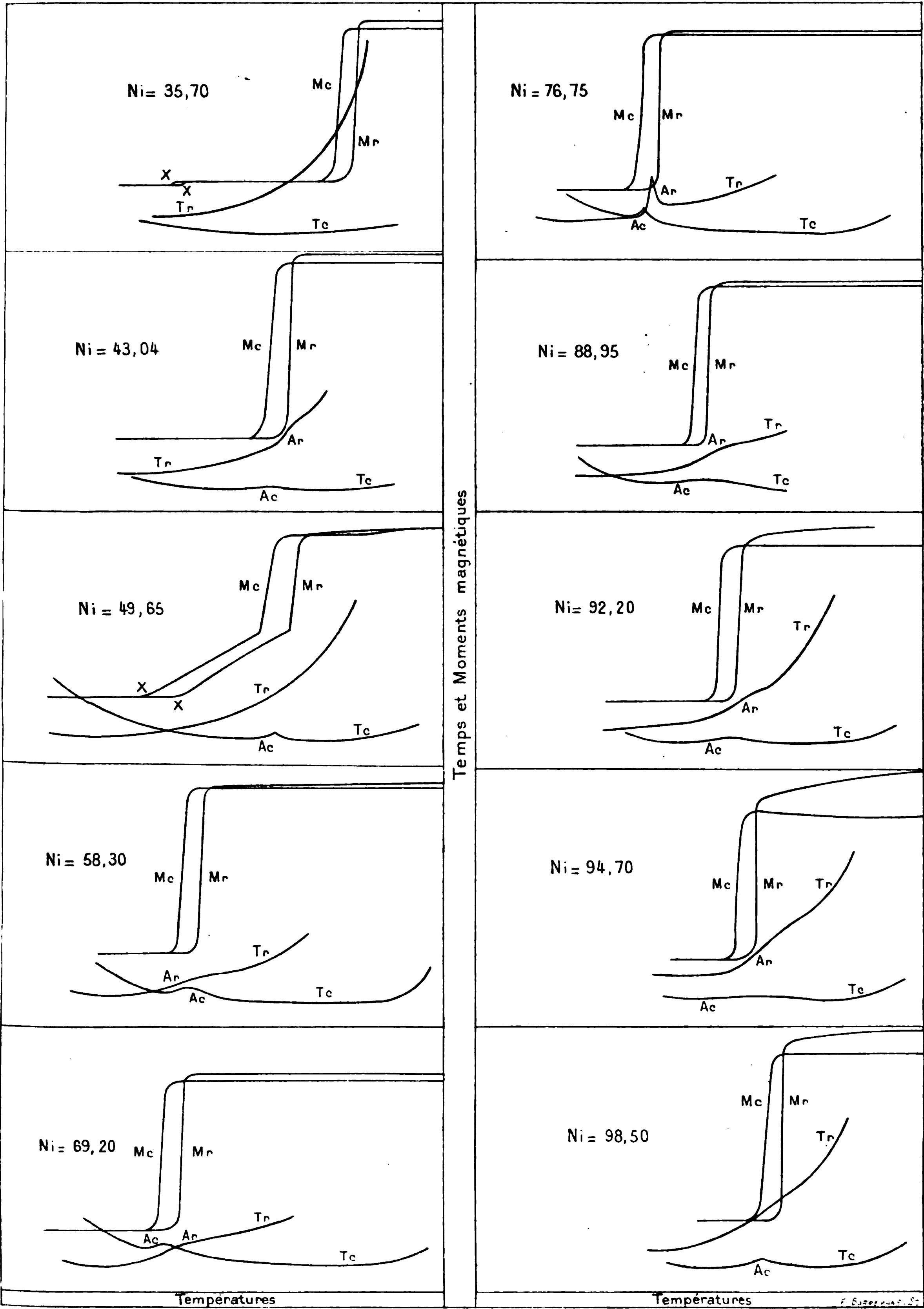


Fig. 3. — *Courbes thermiques (au chauffage,* Tc ; *au refroidissement,* Tr) *et moments*



magnétiques (au chauffage, Mc ; *au refroidissement,* Mr) *de la série des alliages fer-nickel.*

de la disparition du magnétisme, je n'aurai en vue que la phase principale, celle qui se traduit, sur les courbes *Mc*, *Mr* de la figure 3, par une ascension ou une descente rapide.

Abstraction faite de la petite phase, les courbes *Mc*, *Mr* se composent de trois branches. La première branche, à gauche, est horizontale et correspond à l'absence du ferro-magnétisme. La seconde, rapidement montante ou descendante, marque le début de l'apparition ou la fin de la disparition du ferro-magnétisme ; prolongée jusqu'à la rencontre de la première, en négligeant le petit raccord, elle donne les températures inscrites au tableau I. La troisième branche commence quand le courant a déterminé dans les barrettes toute l'aimantation dont il est capable et elle se rapproche plus ou moins de l'horizontalité.

La première branche ne comporte aucune observation.

La seconde se rapproche plus de la verticalité quand la transformation magnétique est plus brusque et le métal moins affecté d'hystérèse magnétique, c'est-à-dire pour l'alliage qui se rapproche le plus du fer pur et pour l'alliage à 76,75 de nickel ; par contre, elle présente le maximum d'inclinaison pour les alliages à transformation retardée et incomplète qui précèdent le type non transformable à la température ordinaire.

L'écart systématique d'une quarantaine de degrés entre les températures d'apparition et de disparition du magnétisme est, pour les alliages réversibles, plus apparent que réel. Comme le chauffage et le refroidissement sont ordinairement assez rapides dans la région de transformation, le couple est un peu en avance pendant le chauffage et un peu en retard pendant le refroidissement sur la température vraie des barrettes. Cet écart disparaîtrait, en grande partie au moins, pour une vitesse suffisamment faible d'échauffement ou de refroidissement, et, à l'exemple de M. Guillaume, je n'en ai pas tenu compte dans la construction de la courbe de la figure 1.

La troisième branche des courbes *Mc*, *Mr* serait horizontale et commune aux deux courbes de chaque acier, si cet acier ne gardait pas de magnétisme rémanent. En général, il y a divergence d'autant plus accentuée que l'hystérèse magnétique est plus grande, et l'intervalle paraît correspondre, à chaque instant, à la valeur du magnétisme rémanent.

Il reste à comparer les résultats thermiques aux résultats magnétiques.

Dans les aciers à très basse teneur en nickel (0,27, 0,94), où les points A_3 et A_2 sont indépendants, l'apparition du ferro-magnétisme coïncide exactement avec le début de Ar_2 et sa disparition avec la fin de Ac_2, comme on le savait depuis longtemps. Dans l'acier à 3,82, les trois points thermiques se confondent au refroidissement et les deux points supérieurs au chauffage ; ici, il n'y a pas coïncidence entre l'apparition ou la disparition du ferro-magnétisme et la limite gauche des perturbations thermiques, d'où il résulte que la transformation A_2 reste distincte de la transformation A_3 : le fer ne passe pas directement de l'état γ à l'état α ou réciproquement. Il ne paraît pas que l'on retrouve la même séparation dans les échantillons à 7,65, 15,48, 24,51, 24,75 ; cependant, pour les aciers à 43,04, 58,30, 69,20, 76,75, 88,95, 92,20, 94,70, le dégagement de chaleur au refroidissement paraît devancer très notablement l'apparition du magnétisme, autant que l'incertitude sur l'origine de ralentissements très faibles permet de l'affirmer, et il est au moins un alliage, à 76,75 °/₀ de nickel, pour lequel le fait n'est pas douteux. S'il est vraiment général, il faudrait en déduire que le passage du fer par l'état β n'est jamais supprimé, mais seulement masqué, et que le fer γ ne se transforme pas directement en fer α. De même, dans les essais de MM. Charpy et Grenet, je crois remarquer que la perturbation de la dilatation, dans des aciers à 36 et 39 °/° de nickel, bien que peu accentuée, précède d'assez loin la perturbation magnétique[1]. Comme la première est caractéristique du point A_3 et la seconde du point A_2, quand ces points sont isolés, ce serait là une confirmation des conclusions que m'a suggérées, sous toutes réserves bien entendu, la discussion de mes courbes. Le fer β aurait, dans tous les alliages, une existence réelle, si transitoire qu'elle puisse être.

III

A ces essais sur l'apparition et la disparition du ferro-magnétisme, j'ai ajouté la détermination de la force portante et du magnétisme rémanent, pour une barrette de chaque type, après recuit préalable au rouge cerise et refroidissement à l'air.

Pour la mesure de la force portante, la barrette, reliée à un plateau, était présentée à l'un des pôles d'un électro-aimant en fer à cheval traversé par un courant de 5,7 ampères : on chargeait le plateau jusqu'à séparation et l'on recommençait plusieurs fois l'essai, prenant le chiffre maximum. La méthode est extrêmement grossière, mais elle permet de suivre la marche générale des phénomènes.

Pour la mesure du magnétisme rémanent, la barrette était aimantée sur le même électro-aimant par six passages successifs du même courant. On la portait ensuite dans l'appareil qui a servi à la

[1] *Bull. de la Soc. d'Encouragement*, avril 1903, p. 502.

recherche des températures d'apparition et de disparition du magnétisme, on l'y plaçait en position fixe et on lisait la déviation sur l'échelle. Les chiffres sont simplement comparables entre eux.

Les résultats sont tous consignés dans le Tableau I (p. 865) et mis en courbes (fig. 4).

Dans la série des alliages irréversibles, la force portante diminue constamment au fur et à mesure que la teneur en nickel augmente, jusqu'à s'annuler dans l'alliage à 29,07, si l'on néglige le faible effet de la phase secondaire, d'origine inconnue, qui est assez marquée dans les aciers Hadfield. Quant au magnétisme rémanent, il part d'un minimum qui a ici une valeur très notable, parce que l'acier le plus pauvre en nickel contient, en outre,

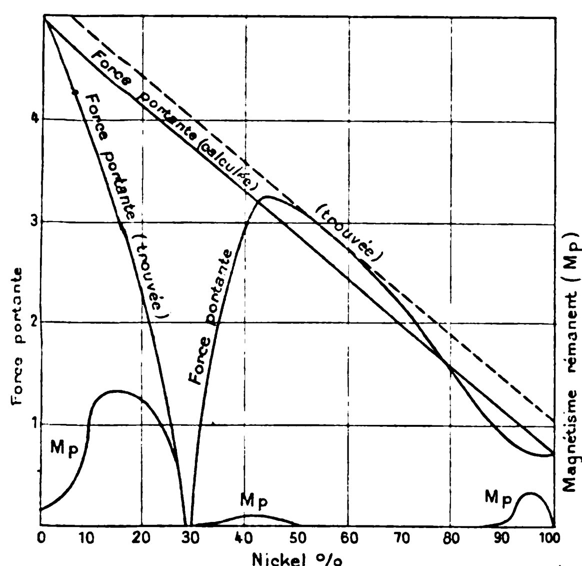


Fig. 4. — *Force portante et magnétisme rémanent des aciers au nickel en fonction de la composition des alliages.*

0,19 de carbone et 0,79 de manganèse, mais qui serait voisin de zéro dans le fer pur et bien recuit. Il s'élève rapidement avec la teneur en nickel, passe par un maximum vers 16 °/₀ de nickel et revient à zéro en même temps que le magnétisme total.

Le magnétisme total, mesuré par la force portante, est, à saturation, la mesure du fer α présent dans l'alliage; le magnétisme rémanent est, dans mes idées, une fraction du magnétisme total d'autant plus grande que la proportion de fer non-α est elle-même plus grande. On voit que les aciers au nickel donnent une vérification de cette manière de voir. La proportion de fer α est d'autant plus petite, en d'autres termes, les transformations sont d'autant plus incomplètes à la température ordinaire, que la teneur en nickel est plus élevée.

Dans les alliages réversibles, la force portante part de zéro, s'élève rapidement un peu au-dessus de la force portante calculée, passe par un maximum absolu vers 44 °/₀ de nickel, se rapproche de la force portante calculée tout en lui restant supérieure, lui devient égale vers 83 °/₀, inférieure au delà, et tend à redevenir égale dans le nickel pur. Le fait que la force portante trouvée peut être supérieure à la force portante calculée avait déjà été signalé par Hopkinson[1] et semble paradoxal. Ici, j'ai fait les calculs en considérant comme fer pur et nickel pur les termes extrêmes de ma série; en fait, ces échantillons sont encore loin de la pureté et, par suite, mes chiffres calculés sont certainement trop faibles; la ligne pointillée parallèle à la ligne pleine (fig. 4) est donc très vraisemblable. Si on l'accepte, on peut dire que la force portante trouvée, dans les alliages réversibles, part de zéro, se rapproche rapidement de la valeur calculée, lui devient égale entre 55 et 70 °/₀ environ, puis de nouveau inférieure. On peut conclure de là que les transformations, d'abord nulles à la température ordinaire, sont très avancées à partir de 43 °/₀ environ, totales entre 55 et 70 (ou à peu près) et redeviennent incomplètes. D'accord avec cette interprétation, nous voyons que le magnétisme permanent garde une valeur notable, bien que faible, jusque vers 50 °/₀, avec maximum relatif vers 40, reste pratiquement nul entre 55 et 85 et montre un dernier maximum, très net, vers 95 °/₀ de nickel. L'addition de fer au nickel, comme l'addition de nickel au fer, conduit à un maximum de magnétisme rémanent.

Tenant compte des faits observés, notamment des indications obtenues sur la fin des transformations dans les divers alliages, on est conduit à compléter le diagramme en courbes pleines initiales de la figure 1 par les courbes pointillées correspondantes *A'B'*, *C'DE'*, qui représenteraient la fin des transformations. Il est entendu que ces courbes ne peuvent être, en l'absence d'expériences spéciales, que grossièrement approchées; leur allure générale est seule probable. Elles sont d'accord avec la conception que tous les alliages de fer et de nickel sont formés de cristaux mixtes, sans aucun composé défini, et avec celles que M. Roozeboom, s'inspirant des faits connus de lui et de son extrême compétence en la matière, a bien voulu me tracer, dans une communication privée qu'il apportera, je l'espère, à cette discussion, comme présentant, dans l'état actuel de nos connaissances, le plus haut degré de vraisemblance.

F. Osmond.

[1] *Proc. Inst. Civil Engineers*, t. CXXVI, 1895-1896, p. 71; tirage à part du mémoire de M. Parhall « Magnetic Data of Iron and Steel ».

INSTRUCTIONS OCÉANOGRAPHIQUES

On m'a, plusieurs fois, fait l'honneur de m'interroger sur la façon dont une personne, naviguant par profession régulière ou occasionnelle, marin, médecin à bord d'un navire de l'État ou de commerce, yachtman ou voyageur, ayant des loisirs, pourrait les occuper au plus grand avantage de l'Océanographie. En leur répondant ici collectivement comme je l'ai fait individuellement, je commencerai par remercier mes correspondants de la confiance qu'ils ont bien voulu me témoigner et je les féliciterai sincèrement de leur noble désir de mettre; par leurs efforts, la France quelque peu au niveau des autres nations. Toutes les grandes Puissances maritimes n'épargnent ni les soins, ni les peines, ni le dévouement, ni l'argent, dès qu'il s'agit de servir la science de l'Océan, aux applications si nombreuses et si importantes. Les sciences pures, comme la Météorologie et la Géologie, ont autant à y gagner que les sciences appliquées, comme la navigation, la pêche et la télégraphie sous-marine. Il est pénible de constater que la France, qui a véritablement créé l'Océanographie avec le comte de Marsigli, il y a plus de deux siècles, et Aimé, il y a bientôt un siècle, soit aujourd'hui la seule nation qui affecte de dédaigner ce qui concerne la mer et semble ignorer l'existence de tant de lois déjà connues dont elle devrait tirer profit. Puisse-t-elle ne pas payer chèrement un jour son indifférence! Les avertissements n'auront pas manqué. En cela, comme en bien d'autres choses, les personnes privées auront eu conscience de lacunes que le monde officiel ne soupçonnait pas. Ceci dit — et, malheureusement, pas pour la première fois — j'essaierai de résumer très brièvement les informations qui me sont demandées.

I

Tout d'abord les personnes à renseigner ont-elles ou n'ont-elles pas fait déjà de l'Océanographie? Dans le premier cas, si elles possèdent des notions plus ou moins complètes de cette science, ma tâche est facile. Le plus souvent, elles auront elles-mêmes l'idée d'un sujet particulier de recherche et, avant de s'appliquer à l'approfondir, elles désireront savoir si d'autres s'en sont occupés et quels sont les résultats obtenus. Si elles veulent bien me consulter d'une manière précise, comme, depuis vingt ans au moins que je m'intéresse à ces études, j'ai lu beaucoup de Notes, Mémoires ou travaux s'y rapportant, j'espère être en état de leur fournir un avis utile et de leur apprendre que tel ou tel auteur a abordé le même sujet, que telle ou telle partie de son œuvre est incomplète, que tel ou tel océan ou portion d'océan mériterait tout particulièrement d'être étudié, que, pour tel ou tel essai, tel ou tel instrument est préférable à employer. Que s'il m'arrivait de ne pouvoir répondre, je reconnaîtrais une fois de plus que ma science est au-dessous de ma bonne volonté et je serais reconnaissant à mes correspondants de m'avoir éclairé sur mon ignorance.

Dans le cas où les aspirants océanographes, futurs auxiliaires bénévoles, ne connaitraient encore rien à l'Océanographie, sinon que cette science existe et qu'elle traite des phénomènes de la mer, il y aurait lieu de leur conseiller, avant tout, d'en acquérir des notions. A l'étranger, cette science est enseignée publiquement. En Allemagne, par exemple, on trouve le magnifique établissement du *Deutsche Seewarte* à Hambourg, l'Université de Kiel, où professe le D[r] Krümmel, l'éminent océanographe. Enfin, à Berlin, sous la haute direction du savant Professeur von Richthofen, on a fondé un Institut océanographique. Le Ministère de la Marine prussien a dernièrement organisé une Section spécialement chargée de fournir des instructions scientifiques aux expéditions maritimes. En France, nous n'avons rien, et c'est avec un profond sentiment de tristesse que je suis obligé d'écrire qu'en dehors des ouvrages ou Mémoires signés de moi, on ne trouvera, sur l'Océanographie pure, aucun ouvrage didactique écrit en langue française, — mettant de côté, bien entendu, Marsigli et les travaux d'Aimé, mort en 1846. On est donc dans l'obligation absolue de recourir aux livres et aux Mémoires écrits en langue étrangère.

Les Anglais ont publié beaucoup de travaux éparpillés dans divers recueils, et particulièrement dans le *Scottish Geographical Magazine* d'Édimbourg et dans le *Geographical Journal*, organe de la Société de Géographie de Londres. Mais, s'ils n'ont point écrit d'ouvrages didactiques, plusieurs volumes de la magnifique collection des *Reports on the scientific results of the exploring voyage of H. M. S. Challenger* sont absolument à connaître. Laissant de côté ce qui concerne l'Histoire naturelle pure, c'est-à-dire la Zoologie et un peu la Botanique de la mer, l'Océanographie proprement dite comprend la topographie de l'Océan, sa lithologie, les propriétés chimiques et physiques de l'eau de mer, les glaces, les vagues et les courants. Pour ces diverses subdivisions, plusieurs des *Reports* du *Challenger* sont des ouvrages fondamentaux

que tout océanographe devra avoir lu et relu. On citerait d'abord les deux tomes du *Summary of Results*, précédés d'une très belle introduction sur l'histoire du développement des connaissances océanographiques pendant l'Antiquité, le Moyen-Age et les temps modernes. Vient ensuite le volume *Deep sea deposits*, dû aux plumes si compétentes de sir John Murray et du Dr Renard, et enfin le volume intitulé *Physics and Chemistry*, contenant divers Mémoires et particulièrement les nombreuses densités prises à travers tous les océans, aussi bien à la surface que dans les profondeurs, pendant la durée entière de la campagne, avec une habileté extrême et un zèle infatigable par le Professeur J. Y. Buchanan. Un sommaire très abrégé et en même temps très substantiel des résultats généraux de la campagne du Challenger a fait l'objet d'un numéro de la revue *Natural Science* (Vol. VII, n° 41, July 1895), qu'on peut se procurer isolément à Londres (Rait, Henderson and Co, 22, St Andrew Str.).

La littérature océanographique en langue allemande est plus complète. Le premier des ouvrages didactiques à citer est celui de Boguslawski, achevé par Krümmel (Engelkorn, Stuttgart). Ce traité est bon, quoique un peu touffu, manquant parfois de clarté et très mathématique. Autant sont indispensables la précision, le chiffre, l'expérience, l'analyse et la synthèse, hors desquels, dans les sciences naturelles comme dans le reste des connaissances humaines, il n'existe point de salut, autant les hautes Mathématiques et souvent même les moyennes sont inutiles, souvent dangereuses et quelquefois franchement nuisibles dans l'étude des phénomènes de l'histoire naturelle du genre de ceux dont s'occupe l'Océanographie. Un phénomène naturel est l'effet de toutes les forces naturelles, les unes possédant une influence prépondérante, d'autres une influence secondaire, d'autres enfin une influence très lointaine, qu'on est en droit de considérer comme sensiblement et pratiquement nulle. Toutes ces forces agissent néanmoins pour produire le phénomène. Or, pour le même phénomène, certaines forces, prépondérantes dans une circonstance déterminée, deviendront tantôt infinies et tantôt nulles dans d'autres circonstances. Les Mathématiques ont une rigueur qui n'est point dans la Nature, où l'on ne saurait trouver deux feuilles d'arbre rigoureusement égales. Si l'on osait, en si grave sujet, reprendre un mot célèbre, on dirait qu'en Histoire naturelle, les Mathématiques doivent régner et non pas gouverner. Le phénomène est, en définitive, une équation unique à un nombre considérable de variables et qui, par conséquent, est impossible à résoudre mathématiquement.

Un ouvrage très simple, très clair, est le *Der Ocean* de Krümmel (G. Freytag, Leipzig). Il est élémentaire et il serait à désirer qu'il fût l'abrégé d'un volume plus complet, écrit dans le même esprit, mais avec plus de détails. Tel qu'il existe, il est indispensable à un débutant, auquel on ne saurait trop en recommander la lecture attentive.

Le livre du Professeur Johannes Walther d'Iéna, *Bionomie des Meeres* (Gustav Fischer, Iéna), mérite une mention particulière. S'il n'est pas uniquement consacré à l'Océanographie, de par la nature même du sujet qu'il traite, cette science y occupe une place prépondérante. Il doit se trouver entre les mains de tous ceux qui s'occupent d'Océanographie et de Géologie. L'histoire de la Terre est l'histoire de la mer, et le plus élémentaire bon sens montre que, pour connaître réellement l'œuvre des océans d'il y a des milliers d'années, il est indispensable de connaître d'abord ce qui se passe dans notre océan d'aujourd'hui. Agir autrement a pour conséquence fatale de transformer la Géologie, science précise — *eine exacte Wissenschaft*, comme l'ont dit, depuis bien longtemps, trois allemands : von Hoff et, après lui, Pfaff et Mohr, et tant d'autres encore — en ce qu'elle est, par malheur, devenue chez un trop grand nombre d'auteurs, un lourd catalogue. On ne saurait trop louer l'ouvrage du Professeur Walther. Traduit en français et, par conséquent, plus connu parmi nous, il modifierait profondément, et pour leur très grand avantage, nos études officielles de Géologie et de Géographie physique.

Les Autrichiens ont publié en plusieurs volumes les résultats de leur exploration si complète de la Méditerranée orientale, de la mer Egée, de la mer de Marmara et de la mer Rouge à bord de la frégate *Pola*. Si grand que soit le mérite de cet immense travail, et précisément même à cause de son mérite, on ne saurait conseiller à un débutant la lecture des monographies qu'il contient ; il n'en pourra profiter que plus tard, alors qu'il sera bien en possession des éléments de l'Océanographie. Le *Handbuch der Oceanographie* en deux volumes par Ferdinand Attemayr (Wien, K. K. Hof und Staatsdruckerei), déjà un peu ancien et quoique une très notable portion en soit consacrée à la Météorologie et à la description des principales routes maritimes, renferme de nombreux renseignements présentés avec beaucoup d'ordre et de lucidité. L'Océanographie est une de ces sciences-frontières appliquant des connaissances variées à l'explication des faits naturels concernant la mer, et c'est pourquoi l'océanographe ne devra pas s'étonner d'être obligé de s'écarter en apparence quelque peu de son sujet et d'avoir à s'occuper de Topographie, de Minéralogie, de Chimie, de Physi-

que et même de Météorologie. Le petit livre *Die Metamorphosen des Polareises* par Karl Weyprecht (Wien, Moritz, Perles) sera consulté avec fruit relativement aux phénomènes glaciaires, si complexes, des mers polaires.

Ce qui a été dit des Mémoires du *Challenger* et de la *Pola* est vrai de ceux des diverses expéditions océanographiques du *Vöringen* (Gröndahl and Sons, Kristiania) en anglais et en norvégien, du *Fram* (A. W. Brögger, Christiania) en anglais, de l'*Ingolf* (H. Hagerup, Copenhagen) en anglais, du *National* (Lipsius und Tischer, Kiel und Leipzig) et de la *Valdivia*, en allemand, de la *Princesse-Alice* (Friedländer, Berlin) et de la *Belgica* (J. E. Buschmann, Anvers) en langue française. Ces ouvrages sont des documents de la plus haute valeur; mais, comme ils exposent les travaux des spécialistes attachés à ces expéditions, ils ne s'adressent qu'à des spécialistes ou, tout au moins, à d'autres qu'à des débutants. Et je passe sous silence les divers Mémoires d'Agassiz aux Etats-Unis, de Nordenskjold en Suède, de Knudsen et de Boeggild en Danemark, de l'amiral Makarow en Russie, du roi de Portugal, et l'innombrable liste des travaux publiés chaque année dans les recueils périodiques en anglais, en suédois, en norvégien, en danois, en hollandais, en russe, en italien, en portugais, même en japonais, dont le résumé, forcément très succinct, est donné tous les deux ans par le Professeur Krümmel. Quant aux ouvrages français, j'en suis réduit à citer mes propres Mémoires et le livre que j'ai écrit sous le titre d'*Océanographie statique et dynamique* (Baudoin, Paris), cette dernière partie comprenant les vagues et les courants en un fascicule. Je l'ai rédigé de mon mieux, et tout ce qu'il m'est permis d'en dire, c'est qu'il est le meilleur de tous les traités en langue française sur la matière puisqu'il est le seul.

II

Tel est le point où en est arrivée l'Océanographie avec les énormes développements qu'elle acquiert d'année en année. Il ne sera cependant pas indispensable de posséder tant de science pour ceux qui se proposent seulement de profiter de leur séjour à bord pour recueillir des observations utiles, employer leurs loisirs à noter les faits précis s'accomplissant sous leurs yeux et dônt les spécialistes tireront ensuite parti en les coordonnant. Ces occupations sont à encourager d'autant plus qu'à l'exception d'un petit nombre de savants particulièrement favorisés, qui ont l'heureuse fortune de pouvoir travailler sur la mer et dans le laboratoire, la tâche est double. D'une part sont les observateurs et de l'autre les travailleurs de laboratoire, les uns et les autres unissant leurs efforts pour parvenir au but unique qu'ils se proposent tous, la connaissance précise des lois qui régissent les phénomènes de l'Océan.

La première condition pour un observateur est d'être en état d'observer, c'est-à-dire, le plus souvent, de pouvoir s'arrêter, d'être libre de son temps. La tâche est singulièrement aisée à ceux qui, par exemple, ont un yacht. Pour ceux-là, la besogne est sans limites; ils n'ont d'autre embarras que celui de choisir parmi leurs richesses. C'est pourquoi on a le cœur gros de voir tant de yachtsmen négliger un passe-temps aussi captivant, à la portée de tous, qui aurait d'abord l'avantage de les divertir, car rien n'est si amusant que la découverte du moindre des importants mystères que les eaux bleues recouvrent de leur voile opaque. Ils accompliraient en même temps un acte de bienfaisance envers l'humanité entière et plus particulièrement envers cette partie de l'humanité qui a tant besoin d'être aidée, le monde si dévoué, si vaillant, si pauvre, si noble, si sympathique des marins et des pêcheurs. Si quelqu'un de nos yachtsmen me fait l'honneur de me demander conseil, je ne serai certes pas embarrassé de lui répondre, de lui soumettre dix, vingt, cent sujets d'étude, parmi lesquels il choisira. Que de fois en été, le long de nos côtes, en voyant des yachts inoccupés ou sortant du port pour courir mélancoliquement quelques bordées à moins d'un mille de terre, rentrer deux heures après, se replacer le long du quai comme épuisés de n'avoir rien fait et débarquer leur propriétaire ennuyé de la monotonie forcée de sa traversée, combien de fois n'ai-je pas déploré de ne point avoir à ma disposition l'un de ces bateaux, petit ou grand, ou de ne pas oser rencontrer le propriétaire afin de lui enseigner le moyen de transformer son ennui en intérêt, son inutilité en dévouement, et de conquérir aisément de sa propre part et de la part des autres une meilleure opinion de lui-même!

Les conseils sont moins commodes à donner s'ils doivent s'adresser à une personne n'ayant pas la liberté de s'arrêter. Les médecins à bord des bâtiments de l'État ont souvent assez de loisirs au mouillage, dans certaines localités un peu écartées, ailleurs que dans les ports, qui dans le monde entier se ressemblent tous, pour se livrer à des études multiples. Les plus mal partagés, et — chose étrange — ceux qui manifestent le plus de bonne volonté, sont les médecins de paquebots. On le comprend : ils ont beaucoup d'heures à eux, ils cherchent à les employer et ils possèdent une instruction scientifique qui les rend capables d'aborder des travaux très variés. En revanche, à bord de paquebots, ils suivent continuellement le

même trajet, à une allure extrêmement rapide, sans la moindre possibilité de s'arrêter, et leurs points de départ et d'arrivée sont des grands ports, où ils séjournent d'ailleurs fort peu et qui sont les seuls endroits où il n'y ait rien à faire. Dans ces conditions, vouloir se livrer à l'Océanographie ressemble au rêve que ferait un automobiliste ou un chef de train d'étudier la flore d'un pays en marchant comme marchent les locomotives et, hélas! les automobiles.

Pourtant, ni la Botanique ni l'Océanographie, malgré des difficultés très réelles, très grandes, ne sont, même dans ce cas, absolument impossibles. Chacun peut encore se rendre utile, s'il en a le désir sincère, et le monde offre tant de choses à regarder que, pour en oublier le moins possible, trop d'observateurs ne sauraient s'y mettre. Cherchons donc ce qui pourrait être vu, être fait par quelqu'un dans les conditions précitées. En supposant que ce quelqu'un connaisse déjà les principes de l'Océanographie et les opinions des divers auteurs sur tels ou tels phénomènes, comme il aura continuellement les regards fixés sur la mer, le hasard ne manquera guère, à l'instant où il s'en doutera le moins, de lui montrer avec une netteté particulière un phénomène encore incomplètement ou mal étudié, soupçonné ou insoupçonné, dont la description naïve et fidèle prendra tout d'un coup une importance considérable, confirmera ou détruira de fond en comble des hypothèses ou des explications antérieurement formulées.

Ces occasions se présentent plus fréquemment qu'on ne serait tenté de le croire; mais, pour en profiter, il est indispensable d'être maître, à tout le moins, des principes élémentaires de l'Océanographie.

C'est ainsi que le Dr Berté, médecin à bord du *Pouyer-Quertier*, le bâtiment télégraphiste chargé de l'entretien des câbles atterrissant à la Martinique, au moment de l'épouvantable catastrophe de 1902, a constaté un fait d'un intérêt capital en lithologie sous-marine, pour l'étude de la distribution des éléments minéraux sur le lit de l'Océan. Il a, en effet, observé la rupture des câbles, preuve des mouvements violents et brusques que subit le sol immergé pendant une éruption volcanique, puis l'élévation de sa température devenant assez forte pour fondre le goudron de l'enveloppe des câbles, et enfin la production de courants atteignant jusqu'à trois nœuds de vitesse, conséquence de l'élévation de la température, et se faisant sentir jusqu'à la surface de la mer. On ne croirait pas combien de problèmes d'Océanographie s'expliquent sans peine par la simple constatation des faits précédents.

III

Laissant de côté le hasard, arrivons aux observations actives, c'est-à-dire provoquées dans le but d'élucider une question particulière. Bornons-nous à l'Océanographie pure, sujet ingrat pour l'observateur bénévole passant en grande vitesse et hors d'état de s'arrêter, car la Météorologie nautique, science toute d'observation, offrirait un champ bien plus vaste à son activité et à sa bonne volonté.

La couleur de la mer est une question assez complexe et où des recherches seraient d'autant plus intéressantes qu'elles s'appliqueraient à des mers très diverses, qui, par suite du trajet identique accompli par le paquebot, seraient vues chacune à des époques différentes de l'année. Luksch a publié sur ce sujet, dans les Comptes rendus du voyage de la « *Pola* », un Mémoire important qui mériterait d'être complété. L'inconvénient est que le disque de Secchi, si simple et si commode, n'est pas susceptible d'être employé à bord d'un bâtiment en marche, et les échelles colorimétriques du genre de celle de Forel sont des instruments, en somme, assez grossiers. J'ai commencé l'étude d'un de ces instruments, basé sur l'emploi de deux prismes, l'un de verre bleu, l'autre de vert jaune, glissant l'un devant l'autre, de manière à donner, sous des épaisseurs différentes, des teintes variables et des intensités variables, mesurables à volonté entre le jaune pur et le bleu pur, en passant par la gamme des verts. J'ai confectionné un modèle de ce comparateur colorimétrique sans avoir encore trouvé le loisir de le perfectionner. En attendant, rien n'empêcherait l'observateur de se servir de l'échelle de Forel, peu coûteuse et facile à fabriquer, en évaluant de 1 à 10, comme le font les météorologistes, la nébulosité du ciel et en mesurant la hauteur du soleil avec un sextant.

Il dépend encore de la découverte ou, pour mieux dire, du perfectionnement d'un instrument que les médecins de la marine, puisque c'est eux particulièrement que je prends pour types d'océanographes bénévoles, puissent servir l'Océanographie. Si cet instrument devenait pratique — et j'ai tout lieu d'espérer qu'il le sera prochainement, car un habile observateur s'est consacré à la question — les médecins, à eux seuls, se chargeraient de la confection à peu près complète de la carte bathymétrique de l'Océan entier. Il s'agit du bathomètre imaginé autrefois par Siemens et qui, par une simple lecture, faite à bord, de la longueur d'une colonne de mercure, fournit, sans aucun sondage, la profondeur moyenne de l'Océan au-dessus duquel passe le bâtiment. On n'aurait pas, il est vrai, une carte absolument précise, puisque l'ins-

trument est influencé non seulement par la profondeur d'eau immédiatement sous-jacente au navire, mais par la profondeur moyenne sur une surface s'étendant à une certaine distance autour de la projection du bâtiment sur le fond. A supposer, ce qui est probable, que, pour un travail plus parfait, il soit nécessaire de recourir dans la suite à des sondages, seules mesures réellement indiscutables et qui, en outre, procurent un échantillon du fond destiné à l'analyse subséquente pour la carte lithologique, il n'en est pas moins certain qu'on aurait, par le seul enregistrement des indications continues du bathomètre mises en regard de la route suivie par le bâtiment, à la même échelle, les documents suffisants pour dresser immédiatement, ainsi que je le disais, la carte topographique bathymétrique générale des océans. On se livrerait ensuite à la revision du document, tâche qui reviendrait aux compagnies télégraphistes, obligées de connaître d'une façon tout à fait exacte et détaillée, pour la mise en place de leurs câbles, le relief du fond ainsi que sa nature lithologique.

On a peine à croire que la topographie et la lithologie des fonds marins soient encore actuellement une des données de l'Océanographie les moins complètes, par suite de l'ignorance où l'on est d'un instrument destiné à recueillir des échantillons sableux. Le tube de Buchanan, habituellement employé, est impuissant. Il suffirait de pouvoir opérer par fonds moyens et du bord d'un bâtiment, non pas complètement stoppé, mais marchant à vitesse réduite et, à la rigueur, faisant un tour complet sur lui-même pendant la durée du sondage. On parviendrait probablement à ce résultat à l'aide d'un perfectionnement ou plutôt d'une simplification de la petite drague Vallée, décrite dans mon *Océanographie*, et qu'on se bornerait à transformer en un entonnoir métallique draguant le sol sur un espace très étroit et modérément long, permettant aux sédiments graveleux et sableux, qui coulent hors du tube Buchanan pendant la remontée, d'entrer dans un sac de toile en forme de poche faisant suite à l'entonnoir. Cet instrument, avant d'être proposé, devrait évidemment subir la sanction de la pratique. Il offrirait des avantages considérables pour la lithologie de la mer, en particulier sur l'aire maritime comprise entre les fonds de 100 mètres, où s'arrêtent les travaux des hydrographes, et ceux de 500 mètres, où commencent ceux des océanographes. Les bâtiments de l'État se livreraient à la récolte de ces documents sans troubler leurs occupations, et, de ce fait, l'Océanographie accomplirait un pas gigantesque en un délai extrêmement court.

L'étude des vagues aurait à profiter d'observations faites en cours de voyage. Pour mesurer leur longueur, leur période et leur hauteur, ainsi que leur vitesse en fonction de la force du vent et de la profondeur de la mer, il n'est guère besoin d'autre instrument que d'une montre à secondes. Quoique ce sujet n'offre pas une importance capitale, il est susceptible de donner lieu à des aperçus nouveaux, relativement aux interférences des vagues entre elles et à la combinaison de vagues d'intensités différentes venant de directions différentes. Peut-être même, en décomposant le mouvement résultant, parviendrait-on à obtenir des informations sur l'état de la mer, la distance à laquelle a régné la dernière tempête, le temps écoulé depuis sa fin, sa violence ou encore la distance à laquelle se trouve le navire d'une tempête en train de sévir, et dans la direction de laquelle il dirige sa marche. Il y aurait là une donnée de prévision précieuse pour la navigation.

Un autre sujet intéressant, et plus particulièrement conforme aux connaissances spéciales d'un médecin, serait l'étude du plankton de surface. On sait que l'on désigne sous ce nom l'ensemble des êtres organisés ou d'origine organique flottant dans l'Océan indépendamment de leur volonté, de toute la matière animale livrée aux seules conditions physiques de la mer. Cette étude se fait au microscope, et les échantillons se récolteraient avec un filet de traîne en tissu fin de soie à bluter. Il serait préférable, étant donnée la grande vitesse des paquebots, d'installer le long du bord une prise d'eau au moyen d'un tube plongeant dans la mer à une faible profondeur au-dessous de la surface et par lequel l'eau monterait d'une manière continue, soit à cause de la vitesse même du navire, soit grâce à une disposition en siphon obtenue en faisant aboutir la seconde extrémité du tube au-dessous de la ligne de flottaison. Des installations analogues ont été faites et ont montré un bon fonctionnement. La filtration aurait lieu d'une manière continue et l'on obtiendrait ainsi automatiquement le contenu en plankton d'une masse d'eau assez considérable. On pourrait dès lors joindre à l'examen qualitatif et quantitatif de ce plankton celui des conditions, si peu connues encore, de la répartition à la surface des eaux, ainsi que celles relatives à la localisation, à la température, à l'éclairement optimum des Globigérines et autres Foraminifères dont les dépouilles constituent la portion la plus considérable des dépôts abyssaux.

A ces études, et précisément même à cause de la grande quantité d'eau que l'on aurait à sa disposition, on ajouterait des recherches sur les matières inorganiques en suspension dans la mer. La filtration devrait être alors infiniment plus complète, car ces matières sont d'une extrême finesse. Le sujet est nouveau et offrirait un vif intérêt puisqu'il four-

nirait des données relatives à la distribution des fonds sur le lit océanique et, en particulier, de l'argile abyssale. On donnerait alors raison à l'une ou à l'autre des deux hypothèses expliquant la genèse de cette dernière. Les argiles rouges et bleues proviennent-elles de la répartition égale des poussières volcaniques sur la surface entière des eaux et à leur décomposition subséquente au contact de l'eau salée, ou bien leur présence serait-elle seulement plus aisée à constater là où l'éloignement des terres et le mode de circulation des courants provoquent l'absence à peu près complète de sédiments terrigènes, ou bien enfin seraient-elles attribuables à la durée plus longue de suspension au sein des eaux de matériaux excessivement ténus, à leur oxydation d'autant plus complète que l'immersion en aura été plus prolongée, et enfin à ce que la sédimentation se sera effectuée au fond des aires mécaniquement les moins agitées de l'Océan.

Je terminerai ces indications en conseillant deux autres genres de recherches faciles à exécuter, même à bord de paquebots à grande vitesse, surtout si l'on disposait du système de trompe d'aspiration continue dont j'ai parlé précédemment. Il s'agit de la mesure de la température superficielle de la mer, comparée à celle de l'air, et de sa densité. On n'ignore pas que cette dernière donne la clef de la circulation océanique au point où a été récolté l'échantillon d'eau. On n'aurait évidemment à s'occuper que des eaux de surface; mais, justement parce qu'elles sont soumises aux variations les plus extrêmes et les plus brusques, il conviendrait de posséder sur elles le plus d'indications possible. L'Atlantique nord est le seul océan qui ait été étudié à ce point de vue; tous les autres océans demeurent à peu près inconnus. L'aréomètre, qui, dans cette circonstance, devrait être l'instrument à employer, est le véritable analogue du baromètre pour l'hypsométrie des continents. En se livrant avec l'aréomètre à l'hypsométrie de la surface de la mer, variable d'ailleurs selon la localité et selon le moment, des observations relevées le long d'une ligne régulière de navigation, c'est-à-dire suivant un même parcours et à des époques diverses de l'année, prendraient de l'importance et personne n'est mieux placé pour s'y livrer qu'un médecin de paquebot.

IV

On le voit, il y a du travail pour tous et l'on est en droit d'appliquer le mot connu de Laplace ou de Monge sur les Mathématiques : « L'Océanographie ne rebute personne ». La première condition est de connaître l'ensemble de la science. Le zèle intempestif des nombreuses personnes qui se sont lancées dans l'étude de la Météorologie avec plus de bonne volonté que de science, convaincues qu'il ne fallait qu'observer tant bien que mal un thermomètre ou un baromètre et d'aligner sur de vastes feuilles de papier d'effrayantes colonnes de chiffres, a fait un tort immense à la Météorologie. Les observations sérieuses ont été noyées dans la masse des observations sans valeur. Par bonheur, l'Océanographie, qui, avant tout, a besoin d'un bâtiment, est à l'abri d'un zèle aussi dangereux et l'on ne saurait trop s'en féliciter. Mieux vaut posséder une unique observation bonne et complète que d'en avoir mille susceptibles d'être effleurées par l'ombre seulement d'un doute.

Un dernier conseil : qu'un observateur se garde de croire que des observations aient, en général, une grande valeur lorsqu'elles sont mises en œuvre par une personne autre que celle-là même qui les a exécutées. En science, les observations sont des matériaux que ceux-là seuls peuvent bien utiliser qui les ont recueillies. Elles ne sont que la vérification loyale, franche, complète d'une idée préconçue de l'observateur. Que chacun se pose une question : la mer est-elle plus chaude, plus froide, plus dense, plus bleue, plus verte à tel endroit qu'à tel autre endroit? et que l'observation faite en vue de cette réponse vienne l'apporter, positive ou négative; que le travailleur s'impose une tâche bien délimitée, — courbe des densités de surface entre tel et tel point, en telle ou telle saison — et qu'il l'achève entièrement. C'est l'unique condition permettant d'accomplir une besogne véritablement bonne. Qu'il n'oublie jamais l'admirable parole de Mohr : « La Nature répond à toutes les questions qu'on lui adresse, par un *oui* ou par un *non*, ou par le silence, et, dans ce cas, c'est que celui qui l'a interrogée a mal posé sa question ».

J. Thoulet,
Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Netto (Eug.), *Professeur à l'Université de Giessen.* — **Lehrbuch der Combinatorik.** — 1 *vol. in-8° de* 260 *pages. B. G. Teubner, éditeur. Leipzig,* 1903.

Si nous considérons au point de vue mathématique une série d'objets, en faisant abstraction de toutes les propriétés de chacun d'eux et en particulier des différences qu'ils présentent, nous sommes conduits à la formation de nombres entiers et des lois qui les relient, c'est-à-dire à la Théorie des Nombres.

Si, par contre, sans faire abstraction des propriétés de chaque objet, nous ne tenons compte de leurs différences qu'à ce point de vue que l'un ne peut être mis à la place de l'autre, nous sommes amenés à des recherches qui font intervenir la position, l'ordre et le choix de ces objets. Cette branche des Mathématiques s'appelle la Combinatorique.

Les origines de la Combinatorique remontent fort loin dans le passé; mais elle n'a commencé à former une branche de la science qu'à la suite des travaux de Pascal, Leibniz, Wallis et surtout de J. Bernoulli I et de A. de Moivre.

Les opérations combinatoires peuvent se multiplier à l'infini. Les plus importantes sont les *permutations* et les *combinaisons*. Elles s'accomplissent sur des objets donnés, nommés *éléments*, qui peuvent être désignés tout à fait arbitrairement. Si les éléments d'une combinaison sont encore soumis aux permutations possibles entre eux, on obtient les *variations*, qui offrent, en somme, une combinaison des deux premières opérations.

Le livre de M. Netto est un traité complet de la Combinatorique. Il étudie d'abord les problèmes principaux, très peu nombreux, de cette branche et leurs applications les plus importantes. Puis il traite de questions qui se déduisent des problèmes généraux par l'adjonction de conditions accessoires et qui ont fait principalement l'objet des recherches des mathématiciens anglais et américains. Enfin, il indique l'emploi de la Combinatorique dans le Calcul des Probabilités, les problèmes algébriques, la multiplication des polynomes, la Théorie des Déterminants, etc., et il termine par un tableau des formules combinatoires.

Cet ouvrage renferme l'exposé complet de toutes les recherches dont la Combinatorique a été jusqu'ici l'objet; il sera le guide obligé de ceux qui voudront se mettre au courant de cette branche de la science et suivre dans les revues spéciales les nombreux travaux auxquels elle donne lieu aujourd'hui.

2° Sciences physiques

Benischke (G.). — **Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik.** (Les lois fondamentales de la technique des courants alternatifs). — 1 *vol. in-8° de* 142 *pages avec figures.* (*Prix : 4 fr.* 50.) *Vieweg und Sohn, éditeurs. Braunschweig,* 1903.

Cet ouvrage est le troisième volume de la collection : *L'Electrotechnique en monographies séparées,* dont nous avons précédemment annoncé la publication par la Librairie Vieweg.

Il suppose connues les notions générales de l'Electricité et les lois fondamentales de l'Electrotechnique; ces dernières sont, d'ailleurs, résumées dans un chapitre spécial. Les lois des courants alternatifs sont déduites méthodiquement des propriétés d'une onde sinusoïdale; les développements purement mathématiques ont été abrégés ou supprimés et les résultats simplement donnés.

L'auteur a introduit dans son livre un certain nombre d'innovations et de réformes. Ainsi, il abandonne la différence, passée de l'ancienne Physique à l'Electrotechnique, dans la désignation du nombre de lignes de force par centimètre carré ($\mathfrak{B}$) : on l'appelle *force du champ* dans l'air et *induction* dans le fer; M. Benischke le nomme toujours *force du champ,* même dans le fer. Il n'y a, d'après lui, aucune raison pour que $\mathfrak{B}=\left(\frac{4\pi\mu i N}{l}\right)$ soit désigné d'un autre nom suivant que μ est petit ou grand, du moins tant que les lignes de force sont des lignes fermées. Par suite, il a aussi laissé tomber l'expression *flux de force* pour la quantité totale des lignes de force ($\mathfrak{Z}$) et il la nomme *quantité totale de lignes de force* ou, en général, *champ magnétique.* Celui-ci, divisé par sa section, donne la force du champ $\mathfrak{B}$.

Ce petit volume, conçu dans un esprit tout pratique, nous paraît appelé à rendre de bons services aux électriciens.

Guillet (L.), *Professeur de Technologie chimique au Collège des Sciences sociales, Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **L'Industrie des Métalloïdes et de leurs dérivés.** — 1 *vol. in-16° de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire de* 184 *pages avec* 28 *figures.* (*Prix : broché,* 2 *fr.* 50; *cartonné,* 3 *fr.*). *Gauthier-Villars et G. Masson, éditeurs, Paris,* 1903.

La direction de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire* a fait appel au concours de M. Léon Guillet pour la rédaction de quelques volumes consacrés à l'industrie chimique inorganique : l'un est relatif aux acides minéraux; un autre sera consacré aux sels de ces acides avec les métaux; le présent ouvrage concerne les métalloïdes et quelques-unes de leurs combinaisons qui ne rentrent pas dans le cadre des précédentes monographies.

C'est ainsi que l'auteur passe successivement en revue la fabrication de l'hydrogène, du fluor, du chlore, du brome et de l'iode, de l'oxygène, de l'ozone, de l'eau oxygénée, du soufre, du phosphore, de l'arsenic et du sulfure de carbone. Chaque chapitre comporte, en général, trois parties distinctes : la première ayant trait à l'historique et renfermant la description des méthodes anciennes ; la seconde donnant l'étude complète de la fabrication par les méthodes actuelles, telles que les a conçues la Technique moderne ; la troisième contenant tout ce qui est relatif au côté économique : prix de revient, débouchés, importations, exportations, producteurs et production, tarifs des douanes et des transports, etc. Au point de vue de la fabrication, il est intéressant de noter l'importance que prennent les procédés électrolytiques, en particulier pour la production de l'hydrogène, de l'oxygène, du chlore, du phosphore, etc. L. B.

Vaillant (V.). — **Petite Chimie de l'Agriculteur.** — 1 *vol. in-*32 *de* 192 *pages, avec figures dans le texte.* (*Prix : broché,* 0 *fr.* 60; *cart.,* 1 *fr.*) *Félix Alcan, éditeur. Paris,* 1903.

Petit opuscule très pratique et tout à fait au courant de la science, que liront avec fruit toutes les personnes qui, faisant de l'Agriculture, ont intérêt à s'initier à la Chimie de la terre.

3° Sciences naturelles

Gautier (E.-F.), *Docteur ès lettres, ancien Directeur de l'Enseignement à Tananarive.* — **Madagascar, essai de Géographie physique.** — *1 vol. gr. in-8° de* VIII-431 *pages, avec nombreuses figures, cartes et planches hors texte.* (*Prix : 25 fr.*) *A. Challamel, éditeur, Paris*, 1903.

L'ouvrage de M. E.-F. Gautier appartient à une catégorie assez nouvelle, mais destinée, il faut l'espérer, à s'accroître désormais. Jusqu'ici, on voyait, en effet, d'une part des explorateurs, trop souvent mal préparés et mal outillés au point de vue scientifique, dont la seule préoccupation était de « couvrir des kilomètres »; au retour, ils publiaient tels quels leurs carnets de route, où leurs petites aventures personnelles tenaient la plus large place ; d'autre part, des géographes « en chambre », qui tiraient parti tant bien que mal de ces matériaux pour décrire des pays qu'ils n'avaient jamais vus; le laborieux édifice élevé dans ces conditions, parfois correct et de proportions judicieuses, avait la banalité des « immeubles de rapport » de nos grandes villes : il manquait d'accent personnel.

Il faut saluer dans le livre de M. Gautier l'inauguration d'une autre méthode. Les éléments en ont été amassés en cinq ans et demi de séjour et de voyages à Madagascar, particulièrement dans le Centre et l'Ouest. Et, bien que les souvenirs et les observations personnelles y tiennent une place prépondérante, l'auteur a fait un travail d'ensemble, d'allure tout à fait scientifique, qui lui a valu le grade de docteur avec mention très honorable.

Près d'un tiers de l'ouvrage est consacré à la Géologie. Après avoir examiné en quelques pages l'hypothèse de la *Lemuria*, M. Gautier passe en revue les diverses formations géologiques : terrains éruptifs, gneiss, terrains de sédiment. Les régions éruptives sont nombreuses dans l'île; à côté des groupes connus, comme celui de l'Ankaratra, qui renferme le sommet culminant de Madagascar (2.650 mètres), l'auteur en décrit qui le sont beaucoup moins, comme le volcan Antandroy, dans le Sud. Dans la région des gneiss, qui, comme on sait, occupent la surface de beaucoup la plus considérable de l'île, M. Gautier étudie, entre autres problèmes, la question de la latérite, qui a partout l'aspect et la compacité de la brique, et qui forme dans le centre un grave obstacle à la végétation et à la culture (vues très curieuses des *lavakas*, cavités dans la latérite). Quant aux roches sédimentaires, on savait d'une façon générale, depuis les explorations de M. Grandidier, qu'elles couvrent environ un tiers de l'île, le tiers occidental : M. Gautier précise leur histoire paléontologique et leurs relations stratigraphiques; leur modelé est dû essentiellement à leur inégale résistance à l'érosion et à la mise en saillie des parties dures, qui constituent des falaises-limites. La zone gneissique et la zone sédimentaire ont une structure toute différente : la première a un modelé orogénique, la seconde un modelé d'érosion; trois grands systèmes de vallées transversales, qui traversent le plateau central d'outre en outre, sont un trait essentiel de l'orographie, trait qui n'avait jamais été mis en valeur, et qui a une grande importance à tous les points de vue.

On sait combien diffèrent les climats de Madagascar, suivant qu'on envisage l'Est, très arrosé, avec pluies de toutes saisons, ou l'Ouest et le Centre, soumis au régime des pluies d'été, ou la lisière Sud sub-désertique. L'influence du climat se marque naturellement sur la végétation : c'est seulement dans l'Ouest que les forêts forment une véritable zone; dans l'Est, la bande continue de forêts que représentent les cartes n'existe pas; quant aux hauts-plateaux, ils ont en commun avec la zone orientale le sol, et avec l'occidentale le régime des pluies, c'est-à-dire qu'ils ont emprunté à leurs voisines ce qu'elles avaient de pire.

Les chapitres consacrés à la géographie humaine sont des plus intéressants et des plus nouveaux. M. Gautier établit d'abord que la langue malgache est un idiome malayo-polynésien ; contrairement à l'opinion répandue dans le public et dans les ouvrages de vulgarisation, elle n'a nullement été apportée à Madagascar par les Merina (*vulgo* Hovas). Sur l'origine des Malgaches, M. Gautier adopte l'hypothèse de M. Grandidier, qui voit en eux un groupe apparenté aux Indo-Mélanésiens, c'est-à-dire probablement aux populations noires de l'Inde primitive. Les traditions, les institutions portent, sur les affinités de la race malgache, le même témoignage que sa langue : beaucoup nous ramènent à l'Indonésie et à l'Océanie; mais il faut faire très grande la part des vieux pays civilisés asiatiques, l'Inde, la Perse, l'Orient préislamique et surtout l'Orient musulman. Le fait capital mis en lumière et, si l'on peut dire, découvert par M. Gautier dans son étude de géographie humaine, c'est que *Madagascar est une île en voie de peuplement*. Le peuplement, relativement très récent, s'est effectué d'Est en Ouest : c'est ce qui explique pourquoi l'Est est beaucoup plus peuplé que l'Ouest, pourquoi tant de terres vierges attendent encore leur premier habitant, pourquoi enfin le chiffre total de la population est si faible (certainement pas 3 millions).

L'ouvrage de M. Gautier, édité avec luxe, est accompagné de photographies, de cartes et planches hors texte (notamment les cartes hypsométrique et géologique à 1/2.500.000^e), qui en rendent la lecture particulièrement agréable. La forme en est aussi originale que le fond; esprit très fin et très averti, M. Gautier fait justice, avec une ironie de pince-sans-rire, de certaines idées courantes sur la houille de Madagascar, sur le boisement et la culture en Emyrne, etc.; son livre est très amusant en même temps que très savant. La *Revue générale des Sciences*, qui s'est toujours occupée de Madagascar et lui a consacré en 1895 un numéro spécial, ne pouvait manquer de signaler l'ouvrage et de le recommander à ses lecteurs.

AUGUSTIN BERNARD,
Chargé de cours à la Faculté des Lettres de l'Université de Paris.

Flahault (Ch.). *Professeur à l'Université de Montpellier.* — **La Paléobotanique dans ses rapports avec la végétation actuelle. Introduction à l'enseignement de la Botanique.** (*Conférences faites à l'Institut de Botanique de Montpellier. Notes recueillies par* MM. LAGARDE, *licencié ès sciences, préparateur*, et BERNARD COLLIN, *licencié ès lettres, étudiant à l'Institut de Botanique*). — *1 vol. in-8°, autogr., de 217 pages avec 54 figures. Paul Klincksieck, éditeur. Paris*, 1903.

Depuis plusieurs années déjà, M. Flahault a introduit dans son enseignement de l'Institut de Botanique de l'Université de Montpellier des notions sur le passé du monde végétal, convaincu, avec raison, de l'importance qu'elles présentent pour l'étude des faits actuels et pour l'appréciation des rapports mutuels des divers types de plantes qu'on observe aujourd'hui groupés les uns à côté des autres dans une même flore. Il avait déjà donné, en 1892, un résumé autographié très succinct de ses conférences de Paléobotanique de l'année; depuis lors, encouragé par l'accueil fait à ses leçons par ses auditeurs, il les a peu à peu développées, et le volume qu'il vient de faire paraître nous en offre la substance, sous une forme très claire et d'assimilation facile, encore que très condensée.

Dès le début, en quelques pages d'introduction, sont mis en évidence un certain nombre de faits saillants, du domaine de la Géographie botanique, touchant notamment les espèces à aires disjointes, qui ne sauraient trouver leur explication dans les seules conditions actuelles et qui font ressortir l'utilité d'un appel au passé pour se rendre compte de leur raison d'être.

Puis vient l'exposé des notions les plus essentielles relatives à la fossilisation et au mode de conservation des tissus végétaux, à la disjonction et à la dissémination des organes, aux difficultés qui en résultent pour

la détermination, enfin à l'imperfection forcée de nos connaissances relatives à la constitution des flores anciennes, toutes les observations recueillies, et en particulier celles que l'auteur a pu faire lui-même à la suite de fortes crues de certains affluents de l'Hérault, montrant que, seules, les feuilles des végétaux ligneux ont eu quelque chance de nous être conservées.

Les différents groupes et classes de plantes sont ensuite passés successivement en revue, et pour chacun sont résumés les principaux faits actuellement acquis touchant leurs représentants fossiles, les analogies qu'ils présentent avec les formes vivantes ou les différences qui les en distinguent, en indiquant dans chaque cas ce qui peut être tenu pour certain et définitif, et ce qui reste encore à éclaircir ou à contrôler. Les Thallophytes, principalement les Algues, puis les Ptéridophytes et les Gymnospermes font ainsi l'objet d'un exposé remarquablement substantiel, les Angiospermes étant traitées plus brièvement, en raison d'une part de la multiplicité des formes observées, d'autre part et surtout du peu de différences qu'elles présentent par rapport aux formes vivantes; deux groupes seulement de Dicotylédones, les Amentinées et les Nymphéacées, sont examinés avec quelque détail, mais simplement à titre d'exemples.

Dans les derniers chapitres, l'auteur résume les conditions climatériques des différentes périodes géologiques, telles que nous les décèle l'étude des flores correspondantes; il insiste surtout sur les modifications que le climat et, avec lui, la flore de l'hémisphère boréal ont subies durant la période tertiaire et la période pléistocène, s'attachant à reconnaître quels sont les types tertiaires qui ont subsisté dans nos régions et à déterminer par quelle suite d'échanges et de migrations d'un point à l'autre de notre hémisphère se sont constituées les associations végétales que nous avons aujourd'hui sous les yeux. C'est là une des parties les plus intéressantes et les plus originales de l'ouvrage, et pour laquelle la haute compétence de l'auteur en Géographie botanique donne une valeur toute spéciale aux résultats qu'il enregistre. Il montre, notamment, comment on peut distinguer, dans notre flore française, une série de groupes remontant à des époques et provenant d'origines diverses : les uns se rattachant directement à la flore tertiaire; d'autres remontant à la période glaciaire et, pour la plupart, réfugiés à des altitudes élevées, les éléments arcto-alpins; d'autres encore venus soit du Sud, soit de l'Est, dont l'introduction ou l'extension vers le Nord date seulement de la période interglaciaire, et dont quelques-uns se sont modifiés en se fixant dans les massifs montagneux, éléments méditerranéens et méditerranéo-alpins d'une part, éléments pontiques ou pontico-alpins, sino-himalayens ou himalayo-alpins d'autre part.

Ainsi conçu, ce petit volume ne peut manquer d'être apprécié par tous ceux qu'intéresse l'histoire du monde végétal et qui ont quelque désir de se rendre compte de ses origines; mais il est permis de souhaiter que le savant Professeur de Montpellier ne s'en tienne pas à ce simple résumé de ses leçons et nous les expose un jour plus complètement, en donnant alors aux diverses parties du sujet, et particulièrement à ces relations si intéressantes de la flore actuelle avec celles qui l'ont précédée, tous les développements qu'elles comportent.

R. Zeiller,
Membre de l'Institut,
Professeur à l'École des Mines

4° Sciences médicales

Meige (Henry). — **Les Tics des yeux.** — 1 *brochure in-8° de 24 pages. Extrait des* Annales d'Oculistique. *Doin, éditeur. Paris*, 1903.

M. Henri Meige, qui a eu l'occasion d'observer un grand nombre de tics des yeux, vient de faire une étude d'ensemble des plus intéressantes sur ce sujet.

Les tics des paupières sont les plus fréquents de tous les tics; il est habituel qu'un tic du visage débute par un mouvement palpébral, tantôt d'un seul œil, tantôt des deux. Ils peuvent se manifester par des battements légers et rapides, qui se renouvellent à des intervalles plus ou moins rapprochés, et auxquels on donne le nom de *tic de nictitation*; c'est la reproduction, avec une plus grande fréquence, des battements normaux des paupières.

Plus ordinairement, il s'agit d'un *clignotement*, produit par une contraction plus forte et plus brusque de toutes les fibres de l'orbiculaire. A côté de cette forme *clonique*, il existe une forme *tonique* du tic des paupières. Ici, le mouvement se traduit par une contraction dont la durée se prolonge exagérément. C'est le *tic de clignement*, qui maintient l'œil à demi clos, parfois d'une façon permanente ; il existe quelquefois chez des sujets atteints d'autres tics des membres. Le facies somnolent qui en résulte étonne souvent l'entourage des malades.

Le *tic d'écarquillement*, plus rare, est diamétralement opposé ; c'est l'ouverture excessive, intermittente ou permanente, de l'orifice palpébral, d'où résulte un regard d'une dureté et d'une fixité étranges. La contraction des sourciliers ou des muscles frontaux peut accompagner cette dilatation des paupières; de là, deux sortes d'expressions mimiques : la colère ou l'étonnement.

Les tics palpébraux reconnaissent le plus souvent comme origine un mouvement réflexe provoqué par une cause irritative venue de l'extérieur : un corps étranger, une poussière ou un cil, logés sous les paupières, une inflammation des conjonctives.

Si le clignotement ou le clignement ne se produisent qu'à l'occasion du corps irritant ou de la granulation, s'ils cessent après la disparition de ces agents provocateurs, il s'agit de mouvements de défense, qui n'ont rien de pathologique en soi; mais, s'ils persistent en l'absence de toute cause d'irritation, on a vraiment affaire à un tic.

Un tic palpébral peut être aussi provoqué par une impression visuelle. M. H. Meige a vu le tic des paupières survenir aussi à l'occasion de conditions d'éclairage défectueuses.

Les globes oculaires eux-mêmes sont parfois animés de secousses convulsives qui doivent être considérées comme des tics. Ces mouvements se produisent souvent en même temps que la fermeture des paupières. On voit alors le globe oculaire se mouvoir derrière les paupières baissées; la saillie de la cornée permet de suivre ces différentes positions.

Comme pour les tics palpébraux, souvent un corps étranger ou une granulation conjonctivale sont les causes provocatrices du mouvement initial. Mais l'origine de ces tics peut être aussi toute psychique.

M. Henry Meige a soigné un jeune garçon qui, parmi maints autres tics, avait celui de tourner sa tête à droite ou à gauche en portant vivement le globe oculaire dans la même direction et en haut.

C'était un obsédé : lorsqu'il voulait regarder en face, il éprouvait aussitôt le besoin irrésistible de regarder de côté et en haut. L'idée de regarder une chose faisait naître instantanément chez lui l'idée de regarder ailleurs. Cette obsession a été l'origine du mouvement de rotation de la tête et des yeux, et ce mouvement, à force de se répéter, est passé à l'état de tic.

Les tics des globes oculaires peuvent exister indépendamment des tics des paupières. Ils peuvent affecter un seul œil ou les deux. Si les mouvements convulsifs sont fréquents, on voit se produire une sorte de *nystagmus* (oscillations rythmiques du globe de l'œil).

Le nystagmus, en effet, n'est pas toujours sous la dépendance d'une lésion matérielle. M. H. Meige cite des exemples de tics *nystagmiformes*.

Il existe encore d'autres tics des globes oculaires. Tels sont certains *strabismes* fréquents chez les enfants et curables uniquement par une surveillance attentive. Ils peuvent être considérés comme de simples habi-

tudes fonctionnelles défectueuses, que n'excusent aucun trouble de la vision ni aucune anomalie de la musculature extrinsèque de l'œil.

Certains faits tendent à démontrer qu'on peut observer aussi des *tics d'accommodation*. Un jeune tiqueur, atteint en outre de bégaiement, présente un phénomène oculaire qui, suivant M. Henry Meige, doit être interprété dans ce sens. De temps en temps, sans cause, sans avertissement d'aucune sorte, ce jeune homme voit les objets qui l'entourent diminuer de dimension. « C'est, dit-il, comme si l'on mettait devant mes yeux le gros bout d'une lorgnette ». Cette *micropsie* n'est pas d'une brusquerie soudaine; le phénomène se produit surtout quand le jeune homme fixe les objets ; il dure quelques minutes et disparaît.

Il semble bien que ce trouble visuel soit dû à une modification temporaire de la convexité du cristallin, phénomène physique qu'il serait sans doute possible de contrôler par un examen ophtalmoscopique, si l'on pouvait pratiquer celui-ci au moment où le sujet est atteint de micropsie. La micropsie, dans le cas présent, est vraisemblablement causée par une contraction tonique d'une certaine durée des muscles chargés de régler la courbure du cristallin. Il s'agit d'un trouble de la fonction d'accommodation, d'un *tic tonique de l'accommodation* qui se révèle par la micropsie.

Peut-être, dans d'autres cas, le trouble fonctionnel peut-il se traduire inversément par de la *megalopsie*. Peut-être même existe-t-il des tics de l'accommodation affectant la forme clonique et se traduisant par des variations intermittentes de la courbure du cristallin.

Les troubles visuels irréguliers, indéfinissables, mais non douteux, qu'accusent certains tiqueurs, et que les examens opthalmoscopiques les plus minutieux ne parviennent pas toujours à interpréter, reconnaissent peut-être cette origine.

Quel sera le *traitement des tics des yeux* ? Dans son principe et dans ses grandes lignes, il ne diffère pas du traitement général des tics sur lequel M. Brissaud et M. Henry Meige sont revenus à maintes reprises. Il semble que les tics des yeux, les tics palpébraux surtout, soient appelés plus particulièrement à bénéficier de ce traitement.

Une discipline méthodique des actes moteurs dévolus aux muscles palpébraux et aux muscles moteurs de l'œil parvient à corriger, dans la majorité des cas, les *tics de nictitation*, de *clignotement*, de *clignement*, etc., ainsi que les autres habitudes vicieuses palpébrales. Chez les jeunes sujets surtout, la disparition de ces accidents survient avec une rapidité surprenante.

5° Sciences diverses

Le Dantec (Félix), *Chargé de Cours à la Sorbonne*.— **Les Limites du Connaissable.** — 1 *vol. de* 237 *pages*. (*Prix* : 3 *fr.* 75.) *Félix Alcan, éditeur. Paris*, 1903.

La rapide notoriété de M. Le Dantec se trouve maintenant à son heure périlleuse. C'est le moment où l'on attend tout de lui, et c'est aussi le moment où, pour répondre à cette attente, il est tenté de faire livre de tout. Celui que j'ai sous les yeux, et dont le titre seul excuse un philosophe d'en parler ici : *Les limites du connaissable*, est un recueil d'articles qui ont été publiés un peu partout, dans des Revues diverses et littéraires.

Au seuil de son ouvrage, l'auteur a pieusement érigé un buste à Lamarck. Dans une manière d'Introduction, il analyse la « Philosophie zoologique », dont il cite des pages excellentes et dont il accuse chaleureusement la nouveauté et l'audace. A Lamarck revient « l'immortel honneur d'avoir placé la vie parmi les autres phénomènes naturels et d'avoir secoué le lourd manteau des traditions ignorantes ». C'est le chapitre, non pas le meilleur, mais le plus utile et le plus instructif de l'ouvrage; il est une réponse nécessaire au jugement de Darwin qui a été trop facilement accepté : « Les œuvres de Lamarck me paraissent extrêmement pauvres; je n'y trouve pas un fait, pas une idée ».

Le morceau de résistance de ce volume coupé est le chapitre qui a paru dans la *Revue philosophique* sur « *la place de la vie dans les phénomènes naturels* ». Les idées qui y sont développées sont sans doute nouvelles dans la science; elles ne le sont plus dans les travaux de M. Le Dantec. Il semble qu'il ait voulu passer là de la découverte à la vulgarisation. Il est convaincu que « la vie est une propriété chimique » et qu'elle est essentiellement d'ordre *moléculaire*, de *dimension* moléculaire ; elle se manifeste par une réaction chimique dont le résultat, l'assimilation, différencie tous les corps vivants de tous les corps bruts (et non *d'avec* tous les corps bruts, comme écrit trop négligemment l'auteur). Cependant, cette assimilation n'est possible que sous la condition de certains mouvements *molaires*, qui ont donné le change et qui ont été considérés à tort comme constituant la vie elle-même. Etablir ce principe d'une théorie chimique de la vie et fonder cette distinction de l'assimilation et de tout ce qui n'est pas elle, telle a été l'originalité et tel continue d'être l'effort de ce biologiste philosophe.

Les chapitres qui ont pour titre « Les limites de la Biologie » et le « Divin » sont des articles de polémique dirigés, l'un contre le Dr Grasset et l'autre contre l'abbé Marcel Hébert. Ils sont écrits dans un ton volontiers ironique ou véhément et le fond en rappelle ce livre si curieux : *Le Conflit*. A la vérité, M. Le Dantec eût été sage de ne pas reproduire sur le même pied que ses travaux scientifiques ces improvisations de circonstance.

Au surplus, ce livre s'intitule : *Les limites du connaissable*, et M. Le Dantec est considéré par les biologistes comme un philosophe. Quelle est donc ici son idée philosophique?

Nos connaissances biologiques doivent nous permettre de jeter un regard nouveau, non seulement sur l'homme, mais autour et au-dessus de l'homme. Selon l'auteur, il n'y a plus à parler de Dieu, et tout symbole religieux a fait son temps; on ne peut même pas parler de « Divin » et tout langage esthétique est illusoire; à peine peut-on parler d'« inconnaissable », et tout langage métaphysique est définitivement en désuétude : « L'homme est, dans la matière en mouvement, un groupement momentané ou plutôt une succession de groupements momentanés d'éléments matériels ». M. Le Dantec rejette toute conception supra-chimique du Monde. Non pas que l'homme ne soit entouré d'Inconnaissable; au contraire, il en est comme baigné et submergé. Mais cet Inconnaissable, à vrai dire, c'est seulement ce que nous ne connaissons pas, sans qu'il soit démontré que nous ne pouvons pas le connaître, et alors, si nous ne le connaissons pas, c'est que cela nous est égal. Il n'est que la somme de ce qui n'agit pas sur nous et de ce qui ne nous regarde en rien. Qu'il soit ou ne soit pas, qu'il soit ceci ou cela, qu'importe? « Il est inaccessible à l'homme, mais l'homme aussi lui est inaccessible. » Dès lors, il n'y a plus de place pour une Métaphysique, car « rien n'est en dehors de la Nature », mais il y a une place pour une « Métanthropie », c'est-à-dire pour « un ensemble de faits qui sont sans action sur l'homme et ne peuvent être connus de lui ». L'inconnaissable n'existe pas pour nous.

Je ne discuterai pas ici l'intérêt et la nouveauté de ces vues. Je conclurai seulement par ces deux questions, aussi modestes que respectueuses de la Biologie :

1° En principe, sommes-nous assurés de connaître par la conscience et par la science tout ce qui agit sur nous, et M. Le Dantec a-t-il démontré quelque part que notre intelligence soit la mesure de notre passivité?

2° En fait, ce principe ne pourrait être admis qu'à la condition que la Science fût achevée et qu'elle eût ainsi fait le tour de tout ce qui peut agir sur nous. M. Le Dantec peut-il considérer que sa théorie chimique de la vie marque cet achèvement nécessaire de la Biologie ?

Gaston Rageot,
Agrégé de Philosophie.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 Juillet 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. M. Servant** montre la raison de l'analogie qui existe entre le problème de la déformation des quadriques et l'habillage de certains éléments linéaires. — **M. J. Boussinesq** étudie la stabilité d'un certain mode d'écoulement d'une nappe d'eaux d'infiltration.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. R. Dongier** a effectué, avec le monotéléphone de M. Mercadier, des mesures de self-induction de l'ordre de 10^{-2} henry au 1/200e près. — **M. A. Recoura** montre que le sulfate ferrique se combine très facilement avec l'acide sulfurique, en donnant naissance à un acide, qui provient de l'union de 1 mol. de sulfate ferrique avec 1 mol. d'acide sulfurique et qu'on peut appeler *acide ferrisulfurique*. — **M. G. Charpy** a vérifié que l'oxyde de carbone agit sur le fer comme un cément; la vitesse de cémentation n'augmente pas sensiblement au-dessus de 900°. L'oxyde de carbone réduit le sesquioxyde de fer en fer métallique plus ou moins carburé entre 200° et 1200°. — **M. Hanriot** admet que la matière albuminoïde dans le collargol, l'oxyde de fer dans l'argent colloïdal de Carey Lea, la silice dans le silicargol ne constituent pas des impuretés, mais font partie intégrante de la molécule. Tous ces corps, chauffés dans le vide, dégagent CO^2 et H et ont un pouvoir réducteur plus grand que celui de l'Ag qu'ils renferment. — **M. C. Marie**, en faisant réagir l'acide hypophosphoreux sur la diéthylcétone et sur l'acétophénone, a obtenu les acides $PO^2H^2.CO(C^2H^5)^2$ et $PO^2H^2.CH^3.CO.C^6H^5$, s'oxydant facilement pour donner les acides oxyphosphiniques correspondants. — **MM. E. Charon** et **E. Dugoujon** ont préparé le chlorure de phénylpropargylidène $C^6H^5.C \equiv C.CHCl^2$, par l'action du perchlorure de phosphore sur l'aldéhyde correspondante. C'est un liquide se solidifiant à — 14°. — **M. J. Tarbouriech** a préparé les amides secondaires par l'action des chlorures d'acides sur les amides primaires. Il a ainsi obtenu la dibutyramide, la diisobutyramide, la divaléramide et la diisovaléramide. — **MM. A. Seyewetz** et **P. Trawitz** ont fait réagir le persulfate d'ammoniaque sur les oxydes métalliques. Avec les protoxydes, il peut y avoir production de persulfate ou de peroxyde; avec les peroxydes ou les sesquioxydes, il peut y avoir oxydation de l'ammoniaque et formation de sulfate, ou dégagement d'oxygène et formation de sulfate. — **MM. P. Genvresse** et **P. Faivre**, par l'action du brome sur le pinène en présence d'eau, ont obtenu un dibromure $C^{10}H^{16}Br^2$, F. 167°-168°. — **MM. A. Miele** et **V. Willem** montrent que l'existence, dans certains laits, d'un ferment dédoublant le salol est bien problématique; le dédoublement du salol apparait comme une fonction de l'alcalinité du milieu.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. Y. Delage** a étudié les mouvements de torsion de l'œil pendant la rotation de la tête. Pour chaque inclinaison donnée de l'orbite, les torsions correspondantes de l'œil ne sont pas indépendantes du sens de la rotation qui a amené l'orbite à l'inclinaison qu'il présente. — **M. N. Vaschide** a reconnu qu'il existe un rapport étroit entre la nature des rêves et la profondeur du sommeil; plus le sommeil est profond, plus les rêves se réfèrent à des sujets lointains. — **M. L. Mayer** a recherché comment varie avec l'âge, pour diverses espèces animales, l'intensité des combustions respiratoires. Le taux de l'excrétion d'acide carbonique diminue avec l'âge suivant une courbe qui est une hyperbole. — **M. P. Wintrebert** montre que le système nerveux n'est pas nécessaire dans la génération du membre, ni pour sa croissance, ni pour sa morphogénie générale, ni pour sa différenciation. — **M. P. Lesne** étudie la distribution géographique des Coléoptères Bostrychides et ses rapports avec le régime alimentaire de ces insectes et les grandes migrations humaines. — **MM. L. Mangin** et **P. Viala** ont observé une très grande variabilité de forme et de grandeur dans la spore du *Bornetina Corium;* l'addition d'une petite quantité d'ammoniaque fait apparaître des ornements des spores dans les solutions minérales; l'action de la lumière les fait disparaître. — **M. H. Ricôme** a constaté que le chlorure de sodium extérieur à la plante entrave l'absorption de l'eau par les racines; d'autre part, ce sel contenu dans les tissus ne diminue pas, au moins d'une façon très notable, la transpiration. — **M. L. Daniel** a reconnu que, dans le milieu humide, la greffe en écusson avec ébourgeonnement radical des pousses de remplacement d'un sujet vigoureux est exposée à la pourriture, même quand il s'agit de plantes de capacités fonctionnelles voisines, et que la greffe avec bourgeons d'appel permet d'atténuer l'action nuisible de ce milieu jusqu'à ce que l'équilibre de nutrition soit rétabli par le développement de l'écusson. — **M. A. Lacroix** a découvert de nombreuses roches à cordiérite parmi les produits des éruptions actuelles de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent; la cordiérite y est d'origine magmatique. — **M. J. Roussel** a recherché l'origine des plis et des recouvrements dans les Pyrénées. L'étude attentive de ces mouvements orogéniques montre qu'ils ont tous eu pour cause unique la contraction du magma fluide servant de support à la couche terrestre.

Séance du 20 Juillet 1903.

M. Baccelli est élu Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. J. Boussinesq** étudie l'extension, à des cas où le fond est courbe, du mode d'écoulement qui se conserve dans une nappe d'eaux d'infiltration reposant sur un fond plat. — **M. Charbonnier** communique ses recherches sur le champ acoustique produit par un corps solide qui se meut dans l'atmosphère d'une manière continue. L'onde de tête ne pénètre jamais à l'intérieur de l'enveloppe sonore; au contact, elle présente un point de rebroussement qui se déplace sur l'enveloppe sonore avec la vitesse du son. — **M. L. Fraichet** a reconnu que les limites d'élasticité sont essentiellement fonction de l'écrouissage du métal; cet écrouissage dépend lui-même de l'effort appliqué, de la durée de l'application de l'effort et du temps écoulé après cette application. — **M. Quénisset** présente des photographies de la comète Borrelly 1903 *c* faites à son observatoire de Nanterre.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. R. Blondlot** a constaté que les rayons *n* issus d'un bec Auer augmentent l'éclat d'un fil de platine incandescent, mais cette augmentation d'éclat n'est pas due à une élévation de température. Ces mêmes rayons *n*, qui ne traversent pas le platine froid, traversent le platine incandescent. — **M. A. Petot** a repris l'étude de la vapeur d'eau surchauffée à des températures de 300 à 350°. — **M. A. Bouzat** a reconnu que les courbes de sublimation sont assez exactement reliées aux courbes de dissociation du groupe sol $\rightleftarrows$ sol + gaz par la loi $T_B / T_A =$ constante. — **M. P. Langevin** montre qu'aux pressions inférieures à la pression atmosphérique le coefficient α de recombinaison des ions est proportionnel à la

pression. — M. **Iliovici** communique ses recherches sur la commutation dans les dynamos à courant continu. — M. **G. Meslin** a étudié l'influence de la température sur le dichroïsme des liqueurs mixtes. Lorsque les deux indices du solide et du liquide sont très voisins, la température peut faire changer le signe de la différence, auquel cas il devra y avoir changement de signe du dichroïsme, ce qui se vérifie. — M. **C. Camichel** communique ses recherches de spectrophotométrie photographique. — M. **A. Trillat** a étudié les réactions catalytiques diverses fournies par les métaux : oxydation des alcools par l'oxygène en présence de Pt et Cu; condensation d'alcool et d'aldéhyde en présence des mêmes métaux, etc. — M. **A. Recoura** a préparé le ferrisulfate d'éthyle $Fe^2O^3.3SO^3,SO^4(C^2H^5)^2+4H^2O$ en dissolvant l'acide dans l'alcool à l'ébullition et évaporant dans le vide sec. Par l'action de la chaleur, l'acide ferrisulfurique perd d'abord $6H^2O$, puis $SO^4H^2+2H^2O$, et il reste du sulfate ferrique anhydre. — M. **P. Chrétien** a reconnu que la décomposition spontanée de l'acide ferricyanhydrique aux environs de 20° donne naissance à un bleu soluble, qui est l'acide diferrocyanhydrique $Fe^2(CAz)^6H,3H^2O$. — M. **A. Gautier** expose une nouvelle méthode de recherche et de dosage des plus faibles traces d'arsenic. Elle est fondée sur cette observation que, lorsque l'arsenic existe, même en petite quantité, à côté du fer, le fer, en s'oxydant et se précipitant, entraîne avec lui la totalité de l'arsenic; on peut ainsi séparer et mesurer jusqu'à un milliardième d'arsenic. — MM. **Ch. Moureu** et **A. Valeur** : Sur la spartéine (voir p. 836). — MM. **L. Bouveault** et **A. Wahl** montrent que les éthers isonitrosomaloniques AzOH : $C(CO^2R)^2$ constituent les oximes des mésoxalates correspondants $CO(CO^2R)^2$. Ces derniers corps étant d'une préparation difficile, les auteurs ont songé à les obtenir par saponification de leurs oximes. — M. **L. Brunel**, en faisant réagir l'ammoniaque sur l'oxyde d'éthylène du β-o-cyclohexanediol, a obtenu soit un o-aminocyclohexanol, soit deux di-oxycyclohexylamines isomères. — M. **S. Posternak** est parvenu à isoler d'un certain nombre de graines de 70 à 90 °/₀ de leur phosphore sous forme d'un mélange des sels acides d'un acide phospho-organique très riche en ce métalloïde. — M. **J. Le Goff** a reconnu la présence d'acétone dans les gaz de la respiration d'une personne atteinte de diabète sucré.

3° Sciences naturelles. — M. **Y. Delage** a étudié les mouvements de torsion de l'œil dans les orientations du regard, l'orbite restant dans la position primaire. — MM. **Cl. Vurpas** et **A. Léri** établissent que l'anencéphalie et la pseudencéphalie sont dues à l'éclatement d'un cerveau en voie de développement sous l'influence de l'hypertension ventriculaire provoquée par une hydrocéphalie intra-utérine. — MM. **E. Hédon** et **C. Fleig** indiquent une technique pour l'entretien de l'irritabilité de certains organes séparés du corps par immersion dans un liquide nutritif artificiel. — MM. **V. Cornil** et **P. Coudray** ont étudié la formation du cal dans les fractures ouvertes et les fractures fermées. En somme, le processus du cal est celui de l'ostéite. — M. **G. André** communique ses recherches sur la nutrition des plantes étiolées. — M. **H. Ricôme** a reconnu qu'il est possible de faire croître des racines en sens inverse de leur direction normale, c'est-à-dire de bas en haut. On ne constate aucune différence d'accroissement longitudinal; la pesanteur n'a donc pas d'action sur la croissance en longueur des racines. — M. **H. Jumelle** décrit une Passiflorée à résine, l'*Ophiocaulon Firingalavense*. L'écorce de la base du tronc est recouverte d'une substance verdâtre, de nature résineuse, dont l'indice d'iode est de 34,7. — M. **G. Grandidier** a rapporté de la côte ouest de Madagascar le squelette de la partie inférieure de l'*Æpyornis ingens*, qu'il a reconstitué. — M. **A. Lacroix** a étudié les enclaves basiques des volcans de la Martinique et de Saint-Vincent. L'éruption actuelle de la Martinique a rapporté toutes les catégories d'enclaves basiques homœogènes. — M. **Ph. Négris**, par l'observation des deux moles de l'entrée sud du détroit de Leucade construits en 2550 avant Jésus-Christ par les Corinthiens, arrive à la conclusion que la mer est montée d'environ 3 mètres depuis cette époque. — M. **E.-A. Martel** résume les conditions de l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 7 Juillet 1903.

M. **Chauvel** présente le Rapport sur le concours pour le prix Meynot et le Rapport sur le concours pour le prix du baron Larrey. — M. **Yvon** présente le Rapport sur le concours pour le prix Nativelle. — M. **F. Raymond** analyse un travail de M. **G. Marinesco** concernant la présence de corps étrangers (substances cristallines et microbes) dans les cellules nerveuses et ses rapports avec la théorie de l'amœboïsme nerveux. La présence de ces corps n'implique nullement, d'après l'auteur, une intervention active des cellules nerveuses et ne peut servir d'argument en faveur de l'amœboïsme. — M. **Garnier** donne lecture d'un Mémoire sur les hystériques accusatrices. — M. **de Nittis** lit une Note sur le glycogène dans la thérapeutique des maladies fébriles.

Séance du 15 Juillet 1903.

M. **Fernet** présente un Rapport sur le concours du prix Alvarenga de Piauhy. — M. **L. Monnier** donne lecture d'une observation de gastrostomie pour l'extraction de 25 corps étrangers, dont 8 cuillères à café et une fourchette, suivie de guérison.

Séance du 21 Juillet 1903.

M. **E. Tillot** signale un cas de kératite traumatique ulcéreuse compliquée d'iritis, traitée avec succès par la dionine. — M. **Chauvel** présente un Rapport sur un Mémoire du Dr **Nimier** relatif à une observation de coup de feu dans la région rolandique gauche avec hernie cérébrale, aphasie et contracture des membres. L'extraction des esquilles fut le point de départ d'une amélioration marquée des troubles fonctionnels. Des expériences de rééducation motrice ont fait disparaître l'aphasie et la contracture. — M. **Kermorgant** analyse un Mémoire du Dr **H. Thierry** sur les progrès réalisés au point de vue de l'hygiène dans la marine de guerre (en particulier sur le *Suffren*). L'auteur souhaite qu'on suive le même chemin dans la marine de commerce, où il y a de nombreuses améliorations à introduire dans le logement et l'alimentation. — M. **Sevestre** présente le Rapport sur le concours du prix H. Roger.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 4 Juillet 1903.

MM. **J.-L. Langlois** et **J. Pellegrin** ont reconnu que les Crocodiliens, animaux aquatiques, n'ont pas d'appareils nerveux permettant une ébauche de la régulation thermique par la polypnée. Ils présentent des accidents convulsifs mortels quand leur température rectale atteint 39°. — M. **Laulanié** présente deux appareils nouveaux : l'un permettant la mesure des échanges gazeux de la respiration pendant un temps quelconque, l'autre destiné à la mesure du travail mécanique à l'aide d'un frein à poids. — MM. **A. Zimmern** et **G. Dimier** ont produit le coma épileptique par l'excitation cérébrale au moyen des courants de Leduc, le positif étant appliqué sur le crâne et le négatif dans le dos. — M. **E. Gellé** a constaté que le son d'un diapason ut_4 se propage d'un bout à l'autre du squelette sans déperdition. Le son apporté par le squelette au crâne est transmis par celui-ci à l'oreille. — M. **M. Breton** a observé que l'hémolysine streptococcique recueillie *in vivo* possède des propriétés plus actives que celle recueillie dans les cultures. Il a obtenu une anti-hémolysine streptococcique par injection de l'hémolysine au lapin. — M. **M. Nicloux** a reconnu que la glycérine injectée dans le

sang disparaît avec une rapidité très grande. Elle est éliminée en proportion notable par l'urine. — MM. **J.-E. Abelous** et **J. Aloy** établissent que l'oxygène, sous une certaine pression, est un poison pour le ferment oxydant des tissus. — MM. **Cl. Regaud** et **A. Policard** étudient l'alternance fonctionnelle et les phénomènes histologiques de la sécrétion dans le deuxième segment du tube urinipare chez les serpents. — M. **A. Mouneyrat** montre que le bromure d'iode se combine avec tous les alcaloïdes renfermant un noyau pyridique. — MM. **S. Leduc** et **A. Rousseau** ont provoqué l'inhibition respiratoire par l'application des courants intermittents de basse tension. Les mouvements respiratoires reparaissent, en général, lors de la suppression du courant. Il faut employer des rythmes modérément fréquents et des périodes moyennes. Le sommeil électrique peut être maintenu pendant cinq heures sans danger. — M. **F. Battelli** a produit également des accès épileptiformes chez le chien par le courant alternatif industriel. — MM. **C. Nicolle** et **E. Duclous** décrivent une nouvelle technique de la ponction cardiaque chez le lapin et montrent sa supériorité sur les autres méthodes de prélèvement du sang chez cet animal. — M. **A. Giard** a étudié la mouche de l'asperge (*Platyparea pœciloptera*) dont la larve cause de grands dégâts dans les plantations d'asperges, en particulier à Argenteuil. — MM. **Leredde** et **L. Pautrier** ont observé une forte éruption cutanée chez un malade neuf minutes après l'injection d'un cachet d'antipyrine; il se produisit en même temps des lésions sanguines, consistant surtout en une éosinophilie marquée. — MM. **J. Sabrazès** et **L. Muratet** montrent que la présence de cellules endothéliales hémato-macrophages dans le liquide céphalo-rachidien coloré est symptomatique de l'hémorragie méningo-encéphalique. — M. **H. Cousin** a constaté que la lécithine de l'œuf est formée d'un mélange d'au moins quatre lécithines dérivées des acides oléique, stéarique, palmitique et linoléique. — M. **C. Phisalix** a trouvé que la *Pasteurella canis*, microbe de la maladie des chiens, produit dans les cultures artificielles un poison soluble qui agit spécialement sur le système nerveux et engendre des troubles de nutrition; ce poison est l'agent pathogénique essentiel de la maladie du jeune âge. — M. **J. Lignières** a reconnu que le microbe qu'il a incriminé comme cause de la maladie des chiens (1900) et celui trouvé par M. Phisalix (1901) sont identiques. Les expériences de vaccination avec un vaccin polyvalent lui ont seules donné de bons résultats. — M. **C. Phisalix** croit à l'efficacité plus grande des vaccins monovalents dans les maladies causées par ce genre de microbes. — MM. **H. Stassano** et **F. Billon** ont constaté que la lécithine ingérée, dégagée de sa combinaison albuminoïde, échappe à l'atteinte des sucs digestifs et parvient sans modification au sang circulant par la voie lymphatique. — M. **F. Laulanié** montre que la veinosité du sang augmente par l'effet de l'élimination imparfaite de CO^2 et qu'elle provoque directement les centres bulbaires de la respiration. — M. **Ad. Javal** a reconnu qu'on peut négliger la quantité de chlorure de sodium éliminée par les fèces lorsqu'il n'y a pas de diarrhée; en cas de diarrhée, au contraire, il est indispensable de tenir compte de l'élimination par les fèces, qui peut être supérieure à l'élimination urinaire.

Séance du 11 Juillet 1903.

MM. **A. Théohari** et **A. Babès** ont étudié l'état de la muqueuse gastrique dans l'hyperchlorhydrie expérimentale. Les cellules principales présentent une transformation très active des filaments basaux en granulations de pepsinogène: les cellules de bordure présentent un espace clair central. — MM. **C. Delezenne** et **E. Pozerski** ont constaté que l'ovalbumine crue possède, comme le sérum sanguin, la propriété d'empêcher ou de retarder à faible dose la digestion tryptique de l'albumine coagulée. — M. **P. Ferrier** montre que l'hémophilie reconnaît très souvent comme cause la décalcification, soit légère, soit profonde, dont la phosphaturie est une des manifestations. — M. **Ch.-A. François-Frank** décrit sa méthode de diaphanoscopie, c'est-à-dire d'examen par transparence des parois des différents organes cavitaires rendues translucides par un éclairage électrique intérieur. — M. **P. Jousset** a observé qu'une solution de nitrate d'argent au 1/10.000.000.000^e a encore une influence empêchante sur la végétation de l'*Aspergillus niger*. — Le même auteur a reconnu que l'action du collargol se localise principalement sur l'intestin, le foie et le rein. Il est pyrétogène; il rend les urines albumineuses; il ne détermine pas de suppuration. — M. **Ch. Féré** a étudié l'influence sur le travail de l'éclairage alternatif par la lumière colorée et par la lumière blanche. — M. **R. Blanchard** a constaté que les eaux chaudes d'Hamman Meskhoutine renferment normalement (à 44-45°) des grenouilles (*Rana esculenta*) et leurs têtards et des Ostracodes (*Cypris balnearia*). — M. **L.-G. de Saint-Martin** décrit un procédé de conservation du sang au moyen du fluorure de sodium en vue de l'extraction éloignée de ses gaz. — MM. **Ed. Toulouse** et **Cl. Vurpas** ont observé une nouvelle réaction musculaire, dite réflexe buccal, fréquente dans la paralysie générale, les démences organiques et séniles et les états d'intoxication alcoolique. — MM. **M.-A. Ruffer** et **M. Crendiropoulo** ont cherché à préparer un sérum antihémolytique au moyen d'injections de bile de bœuf. — M. **L.-G. Simon** montre que les éosinophiles jouent, à l'état normal, un rôle important au niveau de la muqueuse intestinale; par la mise en liberté de leurs granulations, ils activent probablement la sécrétion glandulaire. — M. **H. Grenet** a étudié l'action des champs magnétiques interrompus sur les Paramécies; elles sont tuées en une demi-heure dans un champ de moins de 100 unités. — MM. **H. Grenet** et **G. Vitry** ont constaté à nouveau que la cytologie des ascites ne semble obéir à aucune règle très précise. — M. **Ch.-A. François-Frank** a étudié le mécanisme de la mort à la suite de l'entrée de l'air dans les veines. C'est l'anémie aiguë du myocarde par embolies aériennes qui cause la mort du cœur. — Le même auteur décrit la technique d'un procédé d'injections artérielles souples, pénétrantes et conservatrices, avec une solution de caoutchouc dans le sulfure de carbone. — M. **G. Malfitano** a reconnu que la protéase charbonneuse est comparable à un mélange très riche en entérokinase et pauvre en suc pancréatique, bien que le pouvoir albuminolytique de la protéase soit toujours inférieur à celui d'un tel mélange de deux liquides physiologiques. — M. **J. Dagonet** a transmis par inoculation de l'homme au rat un épithélioma pavimenteux d'origine épidermique en voie de dégénérescence kérato-hyaline. — MM. **G. Donzé** et **E. Lambling** ont dosé le carbone total dans l'urine par le procédé de M. Desgrez, avec quelques légères modifications. — Mlle **L. Stern** a étudié les contractions des uretères séparées du corps; elles présentent les mêmes caractères que chez l'animal vivant. — MM. **Cl. Regaud** et **A. Policard** ont recherché les variations sexuelles de structure dans le rein des Reptiles. Le gros segment à sécrétion granuleuse est très développé chez les mâles des Ophidiens, et manque chez les femelles; par contre, le segment muqueux est très développé chez la femelle. — MM. **Remlinger** et **Riffat-Bey** ont constaté à nouveau que la bougie Berkefeld V peut laisser filtrer le virus rabique dans des conditions déterminées. — M. **H. Mouton** a observé que le liquide obtenu par expression de Champignons basidiomycètes frais hachés contient une assez grande quantité d'albuminoïdes, qui disparaissent ensuite partiellement lorsqu'on abandonne le liquide à l'étuve à 40° en présence de chloroforme et de toluène. — M. **E. Rist** a étudié l'action des injections des corps de bacilles diphtériques; elles ont une action toxique très nette chez le cobaye et le lapin (paralysie); le sérum antidiphtérique ne préserve pas les animaux ainsi traités. — M. **C. Phisalix** donne la statistique des inoculations contre la maladie des jeunes

chiens pratiquées de mai 1902 à juillet 1903. Sur 985, 18 seulement ont contracté la maladie et en sont morts. — MM. **M. Doyon** et **A. Morel** ont constaté que la diminution de l'extrait éthéré dans le sang conservé aseptiquement à l'étuve n'est pas due à une saponification, la quantité de glycérine ne variant pas. La lipase pancréatique dédouble l'oléine en présence du sang aussi bien dans le vide qu'en présence de l'air. Le sang défibriné dédouble la tributyrine aussi bien dans le vide qu'au contact de l'air.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 Juillet 1903.

M. P. Curie présente le *spinthariscope* de **W. Crookes** (voir p. 744). — **M. P. Curie** a poursuivi ses expériences sur le dégagement de chaleur spontané du radium. On peut montrer l'existence de ce dégagement de chaleur par une expérience grossière, reproduite devant la Société, en se servant de thermomètres à mercure ordinaires. On utilise deux vases isolateurs thermiques identiques. Dans le premier, on place une ampoule en verre, contenant 7 décigrammes de bromure de radium pur, tout contre le réservoir d'un premier thermomètre à mercure. Dans le deuxième vase isolateur, on place un deuxième thermomètre identique au premier et une ampoule de verre contenant un sel de baryum. L'ouverture des isolateurs est fermée par du coton. Dans ces conditions, le thermomètre placé près du radium indique constamment une température de 3° supérieure à celle que marque le deuxième thermomètre. D'après les mesures faites au calorimètre de Bunsen, on constate qu'un sel de radium qui vient d'être préparé dégage une quantité de chaleur relativement faible. La chaleur dégagée en un temps donné augmente continuellement et tend vers une valeur déterminée qui ne semble pas encore tout à fait atteinte au bout d'un mois. Si un sel de radium est dissous dans l'eau et si la solution est enfermée dans un tube scellé, la quantité de chaleur dégagée par la solution est d'abord faible; le dégagement par heure tend à devenir constant au bout d'un mois et le dégagement est alors le même que celui dû au même sel à l'état solide. Ces variations avec le temps font supposer qu'une partie de la chaleur dégagée par le radium est due à la destruction de l'émanation. On peut évaluer la quantité de chaleur dégagée par le radium à diverses températures, en l'utilisant pour faire bouillir un gaz liquéfié et en mesurant le volume de gaz qui se dégage. On peut faire l'expérience avec le chlorure de méthyle. L'expérience a été faite aussi par M. le Professeur Dewar et M. Curie avec l'oxygène et l'hydrogène liquides. Lorsque l'on place une ampoule contenant 7 décigrammes de bromure de radium dans l'hydrogène liquide, on a un dégagement continu de gaz hydrogène donnant 72 centimètres cubes de gaz par minute. (Le bromure de radium était préparé depuis dix jours seulement.) L'émanation du radium provoque la phosphorescence d'un grand nombre de corps. Le sulfure de zinc phosphorescent donne les phénomènes lumineux les plus intenses. M. Rutherford a montré que l'*émanation du radium se condense dans l'air liquide*. M. Curie fait devant la Société une expérience qui met en évidence ces deux phénomènes. — **M. A. Cotton** rappelle comment la théorie de la diffraction explique l'existence d'une limite au-dessous de laquelle on ne peut plus étudier au microscope des objets plus petits. La valeur à laquelle on arrive pour la distance minima qui doit séparer deux points lumineux, pour qu'on puisse les distinguer l'un de l'autre, ne permet guère d'espérer que l'on puisse, d'une façon pratique, diminuer beaucoup la limite actuelle. Mais, si l'on ne peut espérer *étudier* au microscope des objets plus petits, on peut cependant les *mettre en évidence* à la condition, toutefois, qu'ils émettent assez de lumière. M. Cotton montre à la Société un appareil qu'il a construit, avec **M. Mouton**, d'après les indications de Siedentopf et Zsigmondy, qui ont, les premiers, appliqué la remarque faite plus haut[1]. L'appareil de Siedentopf et Zsigmondy, surtout quand on dispose de la lumière solaire, convient bien à l'étude des solides. Mais, surtout pour le cas des liquides, MM. Cotton et Mouton présentent un appareil d'une installation beaucoup moins compliquée, qui permet d'étudier rapidement un grand nombre de préparations sans s'écarter beaucoup de la technique ordinaire. Le liquide est emprisonné, comme d'habitude, entre une lame et un couvre-objet. Mais la lame est posée, avec interposition d'une goutte liquide de même indice, sur un bloc de verre dans lequel pénètre un faisceau de rayons qui vient converger dans la préparation au-dessous de l'objectif. L'incidence des rayons qui le composent est telle qu'après avoir traversé le bloc de verre et la préparation ils soient tous réfléchis totalement à la surface supérieure du couvre-objet et soient rejetés vers le bas dans l'intérieur du liquide. On peut, à son gré, observer par réflexion totale, ou bien par transparence à la façon habituelle. — **M. Mouton** indique les principales applications de la méthode qui ont été réalisées jusqu'ici. Le procédé, qui revient, en somme, à prendre le milieu à étudier sous la forme d'une couche mince, au lieu de n'en éclairer qu'une couche mince, peut naturellement s'appliquer aux solides obtenus par coagulation ou évaporation de liquides. On peut citer en exemple l'*émulsion* qui sert pour la photographie des couleurs par la méthode de M. Lippmann. Une couche très mince de cette émulsion, déposée sur une glace, donne à l'observation un très grand nombre de points brillants. Comme exemple d'application aux liquides, M. Mouton cite le cas de l'encre de Chine diluée dans l'eau, dans laquelle se trouvent, à côté de particules plus grosses, de nombreux corpuscules invisibles par transparence, et qui, par l'emploi de la réflexion totale, apparaissent comme des points brillants qui se déplacent et scintillent vivement. Beaucoup d'autres liquides montrent aussi de telles particules et ces mouvements browniens. On en voit beaucoup dans les liquides qui diffusent la lumière. C'est le cas des *liquides colloïdaux* : avec l'éclairage très intense obtenu en concentrant la lumière solaire, un échantillon de ferrocyanure de cuivre en solution colloïdale pure, préparé par M. Jacques Duclaux, montre de très nombreuses particules dont les mouvements sont très vifs. Les grains se laissent encore voir dans les flocons qui se forment par coagulation. Les *diastases* étant toujours contenues dans des liquides colloïdaux, et leur activité paraissant varier beaucoup avec l'état de ces liquides, M. Mouton compte en faire l'étude à ce point de vue. L'étude des *microbes invisibles*, dont l'existence n'est contestée par personne, et dont l'importance paraît de plus en plus grande en Pathologie, ne paraît devoir bénéficier de cette technique nouvelle que si l'on imagine un autre critérium que ceux actuellement employés (forme, colorabilité) pour les distinguer des autres granulations des liquides. Une culture vivante, en bouillon, du microbe de la *péripneumonie des bovidés*, qui ne fournit à l'examen, par les procédés ordinaires, que des granulations indistinctes, montre de très nombreux corpuscules brillants par l'emploi de la réflexion totale; mais leurs mouvements ne paraissent pas se distinguer nettement des mouvements browniens. Il est tout à fait nécessaire, dans l'emploi du procédé, de choisir et de nettoyer avec soin les lames et les couvre-objets employés. Si ceux-ci sont rayés ou salis, leurs défauts sont, eux aussi, mis en évidence. MM. Cotton et Mouton emploient comme porte-objets des lames de glace, soigneusement nettoyées chimiquement et séchées à l'abri de l'air, et comme couvre-objets des lames minces, découpées par clivage, au moment de l'emploi, dans des feuilles de mica. L'éclat très grand des défauts de la surface sur laquelle se produit la

[1] Voyez la *Revue*, p. 231 et 794, 1903.

réflexion totale les conduit à proposer cette méthode pour l'étude des creux, des stries, etc., ou des dépôts très minces et irréguliers qui peuvent se produire à la surface des verres et des cristaux. — **M. Ch.-Ed. Guillaume** expose la théorie des erreurs des chronomètres dues aux changements de la température. L'organe régulateur d'un chronomètre se compose d'un balancier sur l'axe duquel est monté un ressort spiral, qui ramène le système vers sa position d'équilibre lorsqu'il en a été écarté par le choc instantané de l'échappement. La variation négative du module d'élasticité du spiral produite par les changements de température est, en général, contrebalancée par une variation équivalente du moment d'inertie du balancier. Dans ce but, le balancier est constitué par deux lames bi-métalliques, reliées par une extrémité au bras du balancier, et qui se recourbent vers l'intérieur lorsque la température s'élève. En 1833, Dent découvrit que la compensation des chronomètres est toujours imparfaite, et qu'un chronomètre ayant la même marche à 0° et à 30° avance de 2 à 2,5 secondes par jour à 15°. Cette erreur est nommée *erreur secondaire des marches*. L'erreur secondaire est due au fait que la variation du module d'élasticité de l'acier est exprimée par une fonction possédant un terme quadratique sensible. Au contraire, dans la combinaison acier-laiton, la différence des dilatations des deux métaux associés, d'où dépend directement l'action compensatrice du balancier, est à peu près indépendante de la température, les deux termes quadratiques étant sensiblement les mêmes pour les deux métaux, alors que les termes de premier ordre sont très différents. L'action du balancier est une fonction sensiblement linéaire de la température, d'où le résidu quadratique que l'on constate dans les marches. Un grand nombre de mécanismes ont été imaginés pour introduire, dans la fonction du balancier, un terme de second ordre convenable; mais ils sont d'une construction délicate, et introduisent des complications appréciables dans les chronomètres. La compensation de Loseby, beaucoup employée en Angleterre, consiste à fixer au balancier deux petits thermomètres à mercure, à tige recourbée, de manière à fournir un terme proportionnel au carré de la température. Or, si l'on pouvait associer, dans la bilame, deux métaux dont la dilatation allât en s'écartant progressivement, le problème pourrait être résolu par un balancier de forme ordinaire sans aucune complication. La combinaison du laiton avec un acier-nickel, dont la fonction de dilatation comporte un terme quadratique *négatif* de grandeur convenable, répond au problème. M. Guillaume a calculé les données de construction d'un tel balancier, qui a été aussitôt mis à l'épreuve par M. Nardin et M. Ditisheim, et qui a permis d'atteindre du premier coup des marches sans erreur secondaire appréciable. De plus, la conservation des marches avec le temps est pleinement assurée par le nouveau balancier; ainsi, un groupe de cinq chronomètres de M. Ditisheim, soumis pendant cinq mois, à l'Observatoire de Neuchâtel, à des observations quotidiennes, a donné un retard moyen de $\frac{2}{10}$ de seconde dans la marche diurne. Après quarante-cinq jours d'épreuves thermiques, la reprise moyenne était d'un dixième de seconde en avance. M. Nardin, au Locle, a définitivement adopté le nouveau balancier pour tous ses chronomètres de marine. MM. Leroy et Boudeaud, à Paris, ont fait des essais très encourageants. Le premier a vu un chronomètre muni de ce balancier sortir au premier rang du dernier concours de la Marine. Enfin M. Ditisheim vient d'obtenir, à l'Observatoire de Kew, le chiffre 94,9 pour l'ensemble des marches d'un chronomètre de poche, le plus haut chiffre réalisé jusqu'ici étant 92,7 (maximum théorique 100). Les marches diurnes de ce chronomètre aux températures étaient les suivantes, rapportées à la marche moyenne :

à 3°9, 0s10; à 18,3, — 0,10 à 32,8, + 0,00.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Sir Norman Lockyer et **W.-J.-S. Lockyer** : **Protubérances solaires et circulation des taches** (1872-1901). — On peut résumer les conclusions auxquelles les auteurs sont arrivés de la façon suivante :

1° Les centres d'action de l'activité protubérantielle subissent une variation régulière visible;

2° La direction du mouvement de ces centres va des basses latitudes aux plus élevées, à l'inverse de celle des taches, qui voyagent des hautes latitudes aux plus basses;

3° Aux époques de protubérances minima, qui concordent avec le minima des taches solaires, ces centres d'action sont restreints à une zone (à la latitude d'environ ± 44°) dans chaque hémisphère, tandis que ceux des taches occupent deux zones dans chaque hémisphère;

4° Presque à toute autre époque, ces centres sont visibles dans deux zones, tandis que ceux des taches en occupent seulement une dans chaque hémisphère;

5° Les maxima subsidiaires indiqués par les courbes représentant la fréquence de pourcentage de l'activité protubérantielle pour chaque hémisphère entier sont dus à la présence de deux centres bien développés d'activité protubérantielle dans chaque hémisphère.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 26 *Juin* 1903.

M. A. Waller montre l'effet de la lumière sur les feuilles vertes. Il se produit un courant d'une f. é. m. de l'ordre de 0,01 volt, d'abord de la partie illuminée à la partie sombre de la feuille, puis de la partie sombre à la partie illuminée. — Le même auteur décrit deux méthodes pour déterminer quantitativement la vapeur de chloroforme dans l'air. L'une consiste à recevoir le mélange dans une bouteille de capacité connue, à absorber le chloroforme au moyen d'huile d'olive et à lire la réduction de pression d'un manomètre. La seconde se borne à la pesée d'une petite bouteille, d'abord pleine d'air, puis pleine du mélange d'air et de chloroforme. — **M. N.-H. Alcock** signale une méthode pour déterminer les limites de température de l'activité nerveuse dans les animaux à sang chaud et à sang froid. La limite supérieure s'obtient en plongeant le nerf isolé dans une solution de NaCl à 1,05 °/₀; elle est située entre 40° et 42° C. chez la grenouille, entre 48° et 49° chez les Mammifères, à 53° chez les Oiseaux; elle correspond au point de coagulation des protéides des tissus. La limite inférieure s'obtient en refroidissant l'enveloppe nerveuse et en prenant la température du nerf au moyen d'une thermo-jonction; elle est de — 3°5 C. pour la grenouille, + 3°8 C. pour les Mammifères et + 6°8 pour les Oiseaux.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LONDRES

Séance du 25 *Mai* 1903.

MM. **J. H. Coste** et **E. T. Shelbourn** ont repris l'étude de l'huile de pied de bœuf. Les acides gras de cette huile sont constitués pour 80 à 85 °/₀ par de l'acide oléique et pour 20 à 15 °/₀ par un mélange d'acides stéarique et palmitique, le dernier en plus grande proportion. L'huile claire, conservée à l'obscurité, ne s'altère que très peu; mais la présence d'autres matières organiques favorise la mise en liberté des acides gras et la rancidité. Les changements subis par les acides gras de l'huile exposée à la lumière paraissent être : 1° une transformation isomérique de l'acide oléique en stéarolactone; 2° une oxydation de l'acide oléique en acide azélaïque. — Les mêmes auteurs ont constaté que la réaction colorée de l'acide nitrique avec l'huile de

graine de coton n'est pas caractéristique de cette dernière, car elle peut se produire avec l'huile de pied de bœuf.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 22 *Mai* 1903.

M. C. W. **Volney** décrit et critique les procédés de fabrication de l'acide nitrique qui ne reposent pas sur la décomposition des nitrates par l'acide sulfurique (décomposition des nitrates par l'alumine ou l'oxyde ferrique, oxydation de l'azote de l'air sous l'influence de la décharge électrique, etc.). — M. F. **Meyer** décrit le procédé de Zanner pour la concentration de l'acide sulfurique des chambres de plomb par l'utilisation de la chaleur des gaz du grillage. — M. H. C. **Myers** a déjà attiré l'attention sur la possibilité de la culture de la betterave à sucre dans les sols alcalins de l'Utah. Il donne le résutat de ses essais, avec les difficultés rencontrées et les moyens de les surmonter.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 26 *Juin* 1903.

M. V. S. **Bryant** a étudié les dépôts de soude naturels qui existent en Egypte dans le désert libyque, à 65 kilomètres au nord-ouest du Caire. Les dépôts les plus purs correspondent à la composition Na^2CO^3, $NaHCO^3,2H^2O$. Ces dépôts sont formés par onze lacs sans issues, d'une superficie totale de 12.000.000 de mètres carrés, alimentés par des sources contenant du carbonate, du sulfate et du chlorure de Na. Le sel se dépose à la fin de l'été, au moment où l'évaporation est le plus forte.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 26 *Juin* 1903.

M. H. **Starke** présente les résultats de ses recherches sur les déviabilités électrique et magnétique des rayons cathodiques. On sait que l'hétérogénéité des rayons du radium est démontrée par le fait que les rayons isolés, dans la radiation diffuse émergeant d'une matière active, s'élargissent en forme d'éventail quand on les soumet à une déviation, soit magnétique, soit électrostatique. En combinant d'une façon convenable ces deux effets, M. W. Kaufmann a pu mesurer tant la vitesse que le quotient $\frac{\varepsilon}{\mu}$ pour les particules se mouvant dans différentes sortes de rayons. Ces mesures ont donné ce résultat intéressant que le quotient précité, loin de rester constant pour des vitesses variables, diminue très sensiblement à mesure que la vitesse des particules — ou électrons — se rapproche de celle de la lumière. Ce phénomène a été attribué à ce que la masse μ de la particule augmenterait pour des vitesses croissantes. Dans ce cas, une partie au moins de l'inertie de l'électron serait due, non pas à une masse ordinaire, mécanique, mais à une masse d'origine électrodynamique que posséderait la particule en vertu de sa charge, développant par son déplacement de l'énergie électromagnétique, variable avec la vitesse du mouvement. Dans sa théorie électrodynamique de l'électron, M. M. Abraham arrive à la conclusion que, si vraiment la particule ne possède pas de masse autre que celle d'origine électrodynamique, le produit de $\frac{\varepsilon}{\mu}$ par une certaine fonction doit rester constant. Voici la valeur de cette fonction :

$$\varphi(\beta) = \frac{1}{\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\, ln\, \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right],$$

où $\beta = \frac{q}{c}$ est le rapport de la vitesse de l'électron à la vitesse de la lumière. Pour les rayons se propageant avec la vitesse de la lumière, $\varphi(\beta)$ prend une valeur infinie, le quotient en question celle de zéro. Cette constance du produit a, en effet, été démontrée par M. Kaufmann, pour l'intervalle des vitesses que présentent les électrons constituant les rayons du radium et dont la masse, par conséquent, est d'une nature purement électromagnétique. Or, M. Starke s'est surtout imposé la tâche de rechercher si cette constance se maintient encore dans le cas des rayons cathodiques, et c'est dans ce but qu'il a essayé de pousser aussi loin que possible les potentiels de décharge et, par là, les vitesses des rayons. Bien qu'il lui ait été impossible de dépasser des potentiels de 38.000 volts, sans que les décharges aient perdu leur caractère continu, les résultats qu'il a pu obtenir semblent confirmer la loi précitée pour l'ensemble des rayons cathodiques et prouver ce fait intéressant que la masse des électrons qui constituent ces derniers est d'une origine exclusivement électrodynamique. — M. K. **von Wesendonck** fait quelques remarques relatives à la détermination des températures critiques, en s'inspirant de la communication de MM. Traube et Teichner faite dans la séance précédente. L'auteur a, dès 1894, fait quelques observations qui, à ce propos, ne sont pas sans intérêt. Ayant rempli un tube de Natterer à moitié d'un acide carbonique censé pur, il l'a disposé au sein d'un bain-marie dont la température pouvait être maintenue sensiblement constante et où il pouvait tourner autour d'un axe transversal établi au milieu. Or, indépendamment de M. Gouy et d'accord avec les résultats de ce dernier, l'auteur a trouvé que le volume du liquide, qui autrement présente des variations notables, tend vers un état permanent déterminé pour chaque liquide, à mesure que le tube est retourné. Au-delà de 30°,95, le liquide s'est décomposé en un brouillard bleu restant en suspension dans le tube. Ce brouillard subsiste indéfiniment, à température constante; quand la température augmente, il ne disparaît qu'au delà de 31°,7 et ne se présente plus à la température de 32°. Si donc, avec M. Ramsay, on ne datait l'état critique que du moment où les dernières traces de brouillard ont disparu, il faudrait admettre que 32° est la vraie température critique de l'acide carbonique. Comme, cependant, M. Young, dans ses recherches sur le pentane normal, a observé l'apparition du brouillard, pour des températures décroissantes, à un point un peu plus élevé que dans le cas de températures croissantes, l'auteur est d'avis que le point critique théorique n'existe point en réalité, le passage du liquide à l'état gazeux se faisant à travers un régime de brouillard, pendant lequel de très petits globules de liquide sont susceptibles d'exister à des températures pour lesquelles des quantités plus considérables ne sont pas capables de subsister. Les anomalies que présente l'état critique seraient, à en croire M. von Wesendonck, dues à des états de faux équilibre, disparaissant quand le tube est fréquemment retourné, pour céder la place à un état du liquide qui, à part le brouillard passager, correspondrait aux exigences de la théorie. L'auteur croit nécessaire de répéter ces expériences avec des matières aussi pures que possible pour élucider d'une façon définitive cette importante question. — M. F. **Neesen** discute les décisions provisoires de la Commission scientifique des notations uniformes de la Société. Après avoir fait remarquer que les résultats jusqu'ici obtenus font bien augurer de la réussite finale de cette Commission, il appelle l'attention sur la nécessité de demander des propositions à des partis différents et de faire un choix entre les divers projets qui auront été formulés. M. Neesen est d'avis qu'on ferait bien d'éliminer tout à fait le mot « poids » du langage scientifique et de le remplacer, selon les cas, par « masse » ou « pesanteur ».

Alfred Gradenwitz.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 12 *Juin* 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. A. **Otto** : La solution du cas irréductible de la formule de Cardan.

2° Sciences physiques. — M. R. **von Hasslinger** a

reconnu que le résidu noir qui se dépose du soufre après une longue ébullition est constitué par un carbure de fer. Il n'est pas identique au soufre noir et provient de la décomposition d'un composé du fer contenu dans le soufre. — M. **G. Mossler**, en faisant réagir HBr sur l'oxyde 1 : 4 $C^8H^{16}O$, provenant de la déshydratation du glycol 1 : 3 $(CH^3)^2.CH.CHOH.C(CH^3)^2.CH^2OH$, a obtenu un dibromure, d'où l'on prépare un glycol 1 : 4 $C^8H^{16}(OH^2)$, F. 86°.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **A.-R. Michniewicz** a étudié le mode de solution des matières de réserve dans les parois cellulaires des graines au moment de la germination. La paroi cellulaire présente, à un certain stade de la résorption, une différenciation en bâtonnets caractéristiques.

Séance du 18 Juin 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **E. Waelsch** : Sur l'analyse binaire (II).

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **V. Jelocnik** a reconnu que le corps Eb. 175°, obtenu entre autres par Löwy et Winterstein dans la condensation de l'isovaléraldéhyde avec l'isobutyraldéhyde, n'existe pas, mais qu'il est un mélange des deux oxydes $C^9H^{18}O$ et $C^{18}H^{36}O^2$. Ces deux produits s'obtiennent également par l'action de l'acide sulfurique dilué ou de l'eau à haute température sur le glycol $C^9H^{20}O^2$. — M. **M. Morgenstern** a étudié l'action de l'acide sulfurique dilué sur le glycol provenant de la condensation de l'aldéhyde isovalérique. Il se forme : un hydrocarbure, $C^{10}H^{18}$, Eb. 138°; un oxyde $C^{10}H^{20}O$, Eb. 171°; un oxyde double, $C^{20}H^{40}O^2$, Eb. 267°.

3° SCIENCES NATURELLES. — MM. **A. Exner** et **G. Holzknecht** ont étudié l'action biologique des rayons de Becquerel et la dermatite produite sur la peau humaine par ces rayons. Le premier a également suivi l'action de ce rayonnement sur des produits pathologiques. Dans une récidive de carcinome ulcéré du fond de la bouche, la plaie disparut au bout de cinq semaines. Dans deux cas de mélanosarcome, la tumeur disparut également en quatre à six semaines. Le second a constaté que, dans le psoriasis vulgaire, les infiltrations recouvertes d'écailles disparaissent par l'action des rayons et font place à un tissu légèrement pigmenté. — M. **F. Siebenrock** a étudié au Musée de Berlin deux tortues rares (*Clemmys nigricans* et *Cinixys nogueyi*) et une espèce nouvelle (*Testudo tornieri*).

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE COPENHAGUE

Séances de Mai 1903.

M. **G. Dreyer** a étudié l'influence de la lumière sur les amibes et leurs kystes. Alors que l'action exercée par les rayons lumineux sur les bactéries, les saccharomycètes et les myxomycètes a fait l'objet d'un grand nombre de recherches détaillées, il paraît que jusqu'ici l'on n'a fait de celle qu'exerce la lumière sur les amibes que quelques observations isolées et dont il est impossible de tirer des conclusions quelque peu sûres. Ceci est d'autant plus étonnant qu'avec les amibes on a le moyen de suivre directement au microscope toutes les phases de l'action et d'obtenir ainsi l'explication de phénomènes impossibles à observer dans le cas des bactéries. Les recherches de l'auteur constatent, pour la première fois, semble-t-il, que les diverses espèces de lumière produisent des effets différents, excitants ou déprimants, sur les mouvements de certaines amibes. M. Dreyer parle d'abord de celles de ses observations qui ont eu pour but de déterminer l'influence exercée par les différentes espèces de lumière sur l'agilité des amibes. Dans ces expériences, l'on délayait, dans une éprouvette avec de l'infusion de foin stérilisée, une portion prise dans une culture d'amibes âgée de vingt-quatre heures; on laissait reposer pendant vingt minutes environ. Ensuite, on prenait, à l'aide d'un tube capillaire, quelque gouttes de cette culture, en ajoutant à chacune trois ou quatre gouttes d'infusion de foin; de petites gouttes de cette émulsion étaient enfin disposées au-dessous des couvre-objets de chambres humides; chaque goutte renfermait d'ordinaire trois ou quatre amibes. Pour les observations, l'auteur se sert d'un objectif à immersion de Zeiss et d'un oculaire numéro 3; les formes successives prises par les animaux ont été dessinées à la chambre claire. Comme source lumineuse, on employait une lampe à arc électrique, dont le rayonnement pouvait être modifié à volonté au moyen de verres colorés. Il résulte de ces expériences que l'agilité d'une amibe exposée à la lumière bleue se trouve fortement exaltée, tandis que, sous un éclairage rouge, les mouvements sont paresseux et lents; les effets d'une lumière blanche paraissent être intermédiaires entre ces deux extrêmes. De ce qui vient d'être dit, l'auteur conclut que les amibes étudiées et l'espèce amœbienne *Pelomyxa palustris*, qui a fait l'objet des recherches de M. Engelmann[1], se comportent d'une manière très différente sous l'action de la lumière. M. **Dreyer** passe ensuite à l'examen de l'action destructive qu'exerce la lumière sur les amibes et les kystes. Il constate que, dans ces deux cas, un éclairage prolongé a pour effet de tuer les individus, mais après des temps bien différents; il paraît, en effet, que les amibes sont environ six fois plus sensibles que ne le sont les kystes aux rayons transmis par le cristal de roche, c'est-à-dire aux rayons ultra-violets, tandis que, dans le cas d'un éclairage bleu, la résistance des kystes était cinq fois plus grande que celle des amibes. En comparant les temps mortels trouvés pour une même classe d'individus, mais pour des éclairages différents, l'on constate des variations bien plus considérables. Ces recherches, qui ont été exécutées dans le Laboratoire de l'Institut Finsen, à Copenhague, font entrevoir la possibilité de profiter des différents degrés de sensibilité que présentent les amibes vis-à-vis de l'action de la lumière pour distinguer des types qui paraissent absolument semblables pour la morphologie et pour la culture. — Le général **Zachariae** présente une étude sur l'erreur moyenne des mesures relatives de pendules avec l'appareil Schneider n° 14. Cet appareil comporte trois pendules dont la durée d'oscillation est d'environ 0,508 seconde. Une *série* se compose de trois mesures individuelles, une avec chacun des pendules. A chaque station, on exécute plusieurs séries de mesures pareilles, quatre le plus souvent, uniformément réparties sur l'intervalle de vingt-quatre heures et qui sont précédées et suivies de déterminations de l'heure. Ces dernières sont transmises par voie télégraphique de l'Observatoire de Copenhague à la station en cause. La résultante de toutes les sources d'erreurs est supposée décomposée en deux erreurs partielles, dont l'une, correspondant à l'erreur moyenne, provient seulement de la détermination de l'heure et de sa transmission à la station où se font les observations, tandis que l'autre comprend le reste des erreurs. Après avoir déduit les formules donnant toutes ces erreurs, l'auteur rend compte des mesures de rattachement exécutées dans ces dernières années. Les pendules se sont comportés, en 1901, comme des pendules neufs avec une contraction considérable, qui, pour le pendule moyen, semblait proportionnelle au temps. Cette contraction régulière disparaît en 1902, pour céder la place à une contraction irrégulière, due, semble-t-il, à une fixation incomplète des arêtes d'agate.

ALFRED GRADENWITZ.

[1] *Archiv f. gesamt. Physiologie*, t. XIX, 1879, p. 1.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE — N° 17 — 15 SEPTEMBRE 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Solennités scientifiques

Hommage à Laurent. — Le Ministre de l'Agriculture, M. Mougeot, a procédé le 23 août dernier à l'inauguration du monument élevé à Langres à la mémoire d'Auguste Laurent.

Ce tardif hommage, qui survient cinquante ans après la mort de ce chimiste illustre, si mal jugé par ses contemporains, ne peut qu'être vivement applaudi par ceux qui ont connu le travailleur acharné, puissant dans ses conceptions scientifiques, autant qu'énergique dans son caractère de républicain à une époque où ce caractère valait les avanies et les injustices les plus graves de la part des savants au pouvoir.

Associé dès 1844 à son ami Charles Gerhardt, — et *non son élève*, comme on l'écrit par erreur, — il soutint une lutte homérique contre l'enseignement officiel, et mourut en 1853 à quarante-six ans, sans avoir pu entrevoir, comme son ami, emporté lui-même peu après en 1856 à l'âge de quarante ans, le triomphe de leurs idées.

Cette association féconde est exposée avec tous les caractères d'une vie intense dans la correspondance active échangée entre les deux amis, correspondance heureusement conservée et publiée par Ed. Grimaux dans son dernier ouvrage intitulé : « Ch. Gerhardt, sa vie, son œuvre, sa correspondance[1] ».

§ 2. — Astronomie

Observation, au moyen de piles photo-électriques, d'une éclipse presque totale de la Lune. — On connait les nombreuses applications auxquelles se prêtent ces merveilleux appareils appelés « piles à sélénium », dispositifs introduisant, par les variations de leur résistance sous l'influence d'un éclairage variable, des modifications de l'intensité du courant dans le circuit électrique qui les contient. La *Revue* a signalé, il y a quelques mois, les expériences de téléphonie optique de M. E. Ruhmer[2], expériences où les vibrations acoustiques étaient, par l'intermédiaire des modifications optiques d'un « arc parlant » et des fluctuations de courant provenant d'une pile à sélénium qui recevait le rayonnement de ce dernier, transmises au poste récepteur et retransformées en ondes acoustiques.

Or, M. Ruhmer se servait, il y a quelque temps, de l'énorme sensibilité des nouveaux types de piles à sélénium qu'il vient de construire, pour enregistrer une éclipse de Soleil partielle, laquelle, en raison des forts brouillards, ne pouvait être observée par une méthode directe, visuelle. Il vient d'obtenir des résultats bien plus intéressants, lors d'une éclipse presque totale de Lune, où les variations de la conductivité de la pile à sélénium exposée à la lumière de la Lune étaient encore plus importantes[1].

Bien que la lumière de la Lune fût assez intense pour affecter d'une façon très appréciable la pile photo-électrique dont se servait l'auteur, ce dernier a préféré renforcer ses effets en employant un miroir parabolique d'environ 45 centimètres d'ouverture, concentrant la lumière de la Lune sur une pile à sélénium disposée suivant son axe focal, de façon à donner lieu à un éclairage uniforme de la surface tout entière de la pile. Pour pouvoir orienter le miroir suivant la position momentanée de la Lune, l'auteur lui associait une petite lunette à fils croisés qui en était solidaire.

La courbe représentative des variations du courant, après avoir monté, en raison de la hauteur croissante de l'astre, présente une branche lentement descendante, à partir du moment où la Lune entre dans la *pénombre* de la Terre. Le moment de l'entrée dans l'*ombre* se traduit par le commencement d'une pente plus rapide de cette courbe, et le moment du maximum de l'éclipse correspond à un minimum très marqué de l'intensité du courant. La branche ascendante de la courbe, correspondant à la période décroissante de l'éclipse, montre cette même allure, dans un ordre renversé. La diminution finale de la hauteur de l'astre donne lieu à une dépression de cette seconde partie du tracé, à laquelle se rattache une branche descendante. — Nous apprenons que l'auteur vient de cons-

[1] La *Revue* a déjà rendu compte de ce beau livre, publié chez MM. Masson et Cie, éditeurs.
[2] Voyez la *Revue* du 30 juin 1903, t. XIV, p. 638.

[1] Ces expériences sont résumées dans *Das Weltall*, t. III, n° 16, 1903.

truire des appareils enregistreurs spéciaux destinés aux observations astronomiques de ce genre.

§ 3. — Physique

Détermination directe du rapport de Poisson. — On sait que la mesure directe du rapport de Poisson, dans les fils métalliques, nécessite deux déterminations indépendantes, à savoir : d'abord, celle de l'allongement λ que présente le fil de rayon R, soumis à une tension donnée, puis, celle de la variation de volume w correspondant à cette même tension. Au moyen de ces deux mesures, on trouve le rapport σ entre le coefficient α de contraction latérale et le coefficient β de dilatation longitudinale, d'après la formule :

$$\sigma = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{1}{2}\left\{ 1 - \frac{w}{\lambda\pi R^2} \right\}.$$

Les valeurs jusqu'ici obtenues par des procédés différents présentent des divergences si énormes qu'elles ne permettent guère de tirer des conclusions quelque peu précises relativement à l'allure de ce coefficient si important. Loin d'être égal pour tous les corps, le rapport de Poisson semblait même varier pour un même corps.

C'est pourquoi M. P. Cardani, professeur à l'Université de Parme, dans un Mémoire publié dans le *Nuovo Cimento*[1], entreprend une nouvelle détermination directe du rapport de Poisson, en ayant soin d'éliminer toutes les causes d'erreur qui déparaient les mesures antérieures, c'est-à-dire en employant des fils bien longs, de façon à avoir des variations de volume facilement appréciables, et en enfermant le fil à l'intérieur d'un tube de capacité constante, de manière que les variations de volume indiquées par le liquide contenu dans le tube correspondent rigoureusement à celles du fil soumis à la traction. Pour réaliser cette dernière condition, l'auteur produit la tension du fil au moyen d'un électro-aimant.

Ces expériences font voir que le rapport de Poisson possède une valeur constante pour chaque substance. Voici les valeurs données par l'auteur :

Pour le cuivre	$\sigma = 0,374$
le laiton	$\sigma = 0,374$
l'aluminium	$\sigma = 0,363$
le fer.	$\sigma = 0,321$

Mais, d'autre part, les expériences de M. Cardani démontrent que ces valeurs dépendent essentiellement des conditions d'élasticité où se trouve le fil.

Les courants électriques de l'air. — Dans un Mémoire récemment présenté à la Société Physico-Chimique Russe[2], le Professeur S. Lemström, d'Helsingfors, définit comme courants électriques atmosphériques les courants évoluant à travers un circuit ordinaire interrompu par une couche d'air; il faut, bien entendu, que la différence de potentiel aux bouts soit suffisante pour que le courant se manifeste. L'auteur a, pendant toute une série d'années, fait des observations à ce sujet, en se servant surtout d'un appareil comportant un fil métallique enroulé en spirale sur une baguette et portant des pointes métalliques à des intervalles d'environ un demi-mètre. Ce dispositif se trouvait, par l'intermédiaire d'un fil isolé, en communication avec un galvanomètre dont l'autre borne était mise à la terre par une plaque de zinc. Non seulement dans les pays polaires, mais partout dans l'atmosphère, l'auteur a réussi, avec cet appareil, à démontrer l'existence de courants atmosphériques : dans des conditions convenables, il constate une lueur remarquable sortant des pointes de l'appareil et qui rappelle beaucoup les aurores boréales. Comme cette lueur montre à l'examen spectroscopique la raie caractéristique de ce phénomène naturel, l'auteur est fondé à croire que ce dernier est dû aux courants électriques traversant l'air atmosphérique. Cela est d'autant plus plausible que les courants en cause montrent des variations de densité très considérables et qui s'exaltent à mesure qu'on s'approche des régions polaires, prenant des valeurs tout particulièrement élevées pendant les aurores boréales.

Faisons remarquer, parmi les faits que constate l'auteur, les effets que ces courants exercent sur une aiguille magnétique placée à proximité. Chose intéressante, ces courants ont une influence très remarquable sur la végétation, et c'est à eux que l'auteur attribue le rapide développement de la végétation pendant l'été si court des pays polaires. Dans des conditions convenables, les courants atmosphériques produisent, en effet, des réactions chimiques, telles que la combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphériques, et se montrent même capables d'introduire ces composés dans les vaisseaux capillaires des plantes.

L'auteur termine en conseillant de faire des études méthodiques et générales de ces intéressants phénomènes dans les observatoires météorologiques, en raison surtout du rôle important qu'ils semblent jouer dans la Nature.

§ 4. — Électricité industrielle

Le canon électromagnétique Birkeland. — L'attraction électromagnétique exercée par un solénoïde sur un noyau mobile placé intérieurement, que nous avons déjà vue employée pour la création des perforatrices à mouvement de va-et-vient rapide, a trouvé une utilisation dans un autre ordre d'idées : après avoir fait depuis longtemps l'objet des recherches du Professeur Birkeland, elle l'a conduit à réaliser un nouveau canon que nous allons brièvement décrire.

L'effort développé sur le projectile est assez considérable, en raison de l'énorme intensité mise en jeu; c'est ainsi qu'une tige de fer de 25 centimètres de longueur et 6,5 centimètres carrés de section peut donner lieu à un effort de 850 kilogs, soit 130 kilogs par centimètre, avec un courant d'une intensité de 2.300 ampères, maintenu dans le solénoïde pendant 1/10e de seconde seulement.

C'est grâce à cette faible durée d'application que l'échauffement du solénoïde ne devient pas prohibitif.

Comme il faut, en quelque sorte, que l'action magnétique suive le projectile dans son déplacement, le courant passe donc successivement dans plusieurs solénoïdes étagés le long du tube où doit glisser le projectile.

Ce tube, en cuivre ou en bronze, est muni d'une rainure longue, qui sert à guider le déplacement du projectile à l'intérieur du tube. Les solénoïdes, enroulés deux par deux, entourent le tube, et leur enroulement vient se terminer à l'intérieur de l'appareil dans la rainure même du tube, de sorte que le projectile, par une clavette de guidage glissant dans cette rainure, ferme au passage le circuit des solénoïdes en face desquels il se trouve, et supprime le courant des solénoïdes qui sont derrière lui.

Comme il faut, cependant, donner une aimantation initiale au projectile, on a disposé, au voisinage de la culasse, un solénoïde dont il suffit de fermer le circuit au moment du départ du projectile.

Ces divers circuits, circuit distinct du solénoïde de départ et circuits réunis en parallèle des solénoïdes étagés le long du tube, sont alimentés par un courant emprunté de préférence à une batterie d'accumulateurs.

Malgré l'intensité considérable du courant dans les solénoïdes, la commutation ne s'accompagne, dit-on, d'aucune étincelle.

[1] *Nuovo Cimento*, 5e série, t. V, no 2, p. 73.
[2] Voir le Journal de cette Société, t. XXXIV, p. 307-315, 1902.

L'Usine hydroélectrique de la Sioule à Clermont-Ferrand. — La ville de Clermont-Ferrand sera bientôt pourvue d'une nouvelle usine productrice d'énergie électrique, qu'installe la *Société Anonyme d'Eclairage par le Gaz*, pour servir de secours à son usine électrique actuelle devenue insuffisante. L'éclairage et la force motrice y gagneront donc beaucoup, et il est à prévoir que la prospérité de cette ville, déjà dotée d'industries florissantes, et notamment de celle du caoutchouc, prendra un nouvel essor quand sera en service l'usine de 6.000 chevaux actuellement en installation.

Cette usine emprunte son énergie à une chute de 20 à 25 mètres, créée sur la Sioule par un barrage construit dans le lit de cette rivière. Le barrage a une hauteur de 30 mètres et une largeur de 25 mètres. Il forme un lac d'une longueur d'environ 6 kilomètres, d'une largeur moyenne de 130 mètres, et dont la superficie atteint 100 hectares.

L'usine hydroélectrique est directement adossée au barrage du côté aval, et l'amenée d'eau aux turbines se fait par des tuyaux, indépendants pour chaque turbine, pris directement dans la maçonnerie du barrage.

Les turbines sont calculées de façon à utiliser toute la puissance disponible et à donner au total 6.000 chevaux pour les différents niveaux prévus du réservoir. La chute, d'une hauteur normale de 25 mètres, peut, en effet, s'abaisser jusqu'à 21 mètres. Le débit maximum peut monter, en temps de fonte des neiges, jusqu'à 500 mètres cubes par seconde, et cette variation subite peut se faire en moins d'une demi-journée.

Le matériel électrique de cette installation a été fourni par la Société Anonyme Westinghouse, du Havre; les turbines, construites par la Maison Escher et Wyss, de Zurich, sont du système Francis, à axe horizontal. Ce sont des turbines doubles, c'est-à-dire à deux roues motrices, étudiées pour éviter toute déviation axiale. Les deux roues motrices de chaque turbine reçoivent, d'une chambre commune, l'eau qui les actionne, et qui traverse d'abord un distributeur réglable, pour les différents débits, au moyen d'aubes mobiles mues solidairement. Ces aubes règlent donc en même temps tous les orifices de distribution des deux roues jumelées.

Les régulateurs ont été également étudiés pour donner une grande précision, et, si la charge varie progressivement depuis sa pleine intensité jusqu'à zéro, la vitesse des groupes électrogènes ne varie pas de 2 %. Si la variation totale de pleine charge à zéro est subite, au lieu d'être progressive, le maximum de variation de vitesse n'atteint pas 10 %. Pour 50 % de variation de charge, il est fixé à 3 %; pour 25 % de variation de charge, à 6 %.

Les turbines de 1.000 chevaux commandent directement des alternateurs de 800 kilovolts-ampères, à la vitesse de 333 tours par minute. Ces alternateurs produisent du courant triphasé à la fréquence de 25 périodes par seconde et à la tension de 1.000 volts.

Deux excitatrices, d'une puissance de 37,5 kilowatts, sont commandées séparément par turbines du même type que les précédentes.

L'énergie électrique sera transmise de l'usine à la ligne par 6 transformateurs, élevant la tension du courant des alternateurs de 1.000 à 20.000 volts : ce sont des groupements triphasés de transformateurs à courant alternatif simple, de 375 kilowatts par unité, à refroidissement par huile.

La ligne de transmission d'énergie est double et d'une longueur de 45 kilomètres; elle est aérienne et disposée de façon à éviter rigoureusement la proximité des arbres, qui provoquent de nombreux arrêts dans les installations similaires. Les poteaux sont en bois; il en est de même des traverses portant les isolateurs, mais ces dernières subissent une préparation destinée à en élever et à en maintenir l'isolement; elles sont bouillies dans de la paraffine et recouvertes d'une couche de goudron.

Ce qu'il y a peut-être de plus frappant dans l'ensemble de l'installation, c'est la disposition même de l'usine génératrice, la simplicité de l'amenée d'eau et du canal de fuite, et les précautions prises pour éviter que tout ou partie de l'installation ne soit noyée en cas de rupture du barrage ou d'obstruction du canal de fuite, l'un et l'autre accident pouvant exposer à des conséquences graves.

Pour cela, le plancher de la salle des machines est établi à 5 mètres au-dessus du niveau normal d'aval; des déversoirs sont placés à l'amont des deux côtés du réservoir pour empêcher l'eau de dépasser la crête du barrage lors des crues extraordinaires; enfin, deux galeries de fuite, dont l'une a servi à détourner le cours de la rivière pendant la construction, pourront permettre d'empêcher, en cas d'accident, l'envahissement de l'usine par l'eau du réservoir.

§ 5. — Chimie industrielle

Fabrication et prise du plâtre. — On croyait volontiers autrefois que le plâtre sortant des fours à plâtre contenait encore une quantité d'eau assez notable, voisine de 6 à 8 %. Mais, M. Lacroix et, plus récemment, M. Cloez[1] ayant montré qu'il suffisait de chauffer pendant quelques heures le gypse à 145° pour le déshydrater *complètement*, cette ancienne opinion doit être abandonnée. Seulement, si le plâtre sortant du four est anhydre, il s'hydrate avec une rapidité extrême, jusqu'à contenir une proportion d'eau toujours voisine de 8 %, limite qui est atteinte au bout de trente à quarante heures.

En étudiant les variations de température qui se produisent lorsqu'on gâche du plâtre anhydre avec de l'eau, M. Cloez a pu fournir une très intéressante illustration de la théorie de la prise du plâtre proposée par M. Le Châtelier[2]. Lorsqu'on ajoute du plâtre anhydre à de l'eau, on observe d'abord une très brusque et notable élévation de température, suivie d'un léger refroidissement; celui-ci cesse lorsque la masse s'épaissit, et la température s'élève alors de nouveau, atteint un maximum, puis s'abaisse tout doucement. Ces phénomènes s'expliquent de la manière suivante : il y a d'abord hydratation et, par suite, dégagement de chaleur; le sulfate de calcium hydraté formé se dissout alors dans l'eau, en absorbant de la chaleur; puis, cette dissolution se trouvant sursaturée, il y a prise en masse et, par suite, rapide élévation de température, après quoi, par suite du rayonnement, la température baisse de nouveau. Si l'on emploie du plâtre non parfaitement anhydre, les premières oscillations de température sont atténuées; elles disparaissent même tout à fait si le plâtre a absorbé environ 7 % d'eau. Dans ce cas, ne subsiste qu'une très légère et assez lente élévation de température, accentuée au moment de la prise en masse, et suivie du refroidissement normal. L'emploi du plâtre anhydre a seul permis de justifier la théorie de M. Le Châtelier.

Présence du sélénium dans le coke. — Certains échantillons de coke renferment des traces d'arsenic et de sélénium. En examinant plusieurs cokes venant du Yorkshire, il s'en est trouvé qui renfermaient au maximum 0,015 % de sélénium.

§ 6. — Biologie

Croisement entre plante monoïque et plante dioïque. — Correns[3] vient de réaliser un croisement extrêmement intéressant entre le *Bryonia*

[1] Sur le mécanisme de la prise du plâtre. *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 715, 1883.

[2] Recherches sur le plâtre. *Bulletin de la Société chimique*, Paris, t. XXIX, p. 169, 1903.

[3] Weitere Beiträge zur Kenntnis der dominierenden Merkmale und der Mosaikbildung der Bastarde (*Ber. d. deutschen Botan. Gesells.*, Jahrg. 21, 1903, p. 195).

alba, qui porte sur le même pied des fleurs femelles et des fleurs mâles, et le *Bryonia dioica*, qui comprend des pieds femelles et des pieds mâles. Des fleurs femelles de *B. alba*, soigneusement mises à l'abri du pollen de la même espèce, ont été fécondées par du pollen de *B. dioica* ; ce dernier est dominant, car tous les hybrides obtenus sont identiques, au point de vue de la sexualité, au *B. dioica*; ils sont tous dioïques, sauf une exception, négligeable d'ailleurs, car elle paraît tenir à une erreur d'expérience.

Ces hybrides présentent un grand intérêt au point de vue du problème de la détermination du sexe. Ils nous montrent d'abord que le sexe des Bryones n'est pas *progame*, c'est-à-dire déterminé d'une façon irrévocable dans les gamètes femelles *avant la fécondation* : en effet, si cela avait lieu, tous les individus hybrides auraient été monoïques comme le *B. alba*, et le pollen de *B. dioica* n'aurait rien modifié au point de vue de la sexualité. Donc la détermination du sexe est *syngame*, c'est-à-dire qu'elle a lieu *au moment de la fécondation*, ce qui paraît, du reste, être le cas général chez les animaux.

Ces hybrides nous apprennent encore que les grains de pollen de *Bryonia dioica* possèdent en puissance des pouvoirs déterminants différents : les uns sont capables de déterminer dans le sens mâle, les autres dans le sens femelle. En effet, les pieds hybrides sont les uns mâles, les autres femelles, ce qui montre que la potentialité bisexuelle du *Bryonia alba* a été transformée ici en une potentialité mâle, là en une potentialité femelle.

Statistique des espèces vivantes. — Un de nos abonnés nous pose les questions suivantes. La *Revue*, pour y répondre, sollicite le concours de ses lecteurs :

A-t-il été fait une statistique de l'histoire naturelle? J'entends par là : des savants se sont-ils occupés d'évaluer le nombre des animaux et des plantes actuellement connus, leur répartition entre les différentes manières de vivre, terrestre, aquatique et aérienne, leur répartition par espèces, par continent, par hémisphère, par zone? Je m'occupe de travaux philosophiques et il y aurait de ces chiffres à tirer les lumières les plus intéressantes sur les divers degrés de fécondité selon lesquels la force créatrice a opéré dans le temps et dans l'espace. Maintenant qu'on commence à avoir des notions précises sur l'ordre chronologique suivant lequel les différentes formes vivantes sont apparues successivement, a-t-on essayé de construire la courbe de cette fécondité avec ses périodes de plus grande et de moindre activité?

S'il existe des travaux de ce genre, je serais bien reconnaissant à ceux qui voudraient me les signaler.

§ 7. — Sciences médicales

Quarantaines et désinfection des navires. — Les Services sanitaires viennent de prendre une décision qui intéresse au plus haut point notre commerce maritime.

On connait les pertes de temps, les ennuis, les dépenses, les malheurs (mort du fils du Professeur Tessier, au Frioul) entraînés par les périodes d'observation imposées aux navires, sous prétexte de lutter contre la peste et autres maladies infectieuses. Les voyageurs qui ont été à bord de bateaux obligés de subir les quarantaines et la désinfection savent combien est désagréable l'application de ces mesures qui, au point de vue de la prophylaxie, sont d'une remarquable inefficacité. Ces mesures ont été appelées avec juste raison « comédie sanitaire ». On ne faisait rien que de donner au bon public l'illusion qu'on faisait quelque chose. On se rappelle qu'à l'occasion d'une croisière de la *Revue générale des Sciences*, à bord du *Sénégal*, l'Académie de Médecine a été saisie de cette grosse question par le Dr Bucquoy, et, plusieurs fois depuis, l'a discutée dans ses séances.

Nous avons, dans cette *Revue*, parlé souvent de l'appareil Clayton, producteur de gaz sulfureux, et de son utilité pour la désinfection des navires; en six à huit heures, les plus grands bateaux peuvent être désinfectés en plein chargement et entrer librement dans les ports, la désinfection une fois faite et bien faite.

M. Monod, directeur de l'Hygiène publique, vient, au nom du Ministre de l'Intérieur, d'adresser à tous les directeurs de la Santé, dans les ports, une Circulaire par laquelle ces agents du Ministère sont obligés de donner les plus grandes facilités aux bateaux qui auront été désinfectés par cet appareil, soit qu'ils aient l'appareil à leur bord, soit qu'ils se servent de l'appareil mis dans chaque port à leur disposition par la Chambre de commerce ou l'industrie privée.

La Circulaire ministérielle est fort bien comprise, car elle respecte, comme cela a lieu dans d'autres pays, la liberté du commerce; l'usage de l'appareil Clayton n'est pas imposé : s'en servira qui voudra. Mais de grandes facilités seront données à ceux qui en feront usage sous la surveillance du Service sanitaire.

Voici, du reste, un extrait de la Circulaire ministérielle, datée du 20 juillet 1903 :

« Il est désirable que tous les navires qui se trouvent en contact, à un moment quelconque, avec un port contaminé de peste ou de fièvre jaune soient pourvus d'un appareil Clayton, qui leur permette de pratiquer, au départ, en cours de route ou à l'arrivée, une sulfuration portant sur toutes les parties du navire et assurant la destruction aussi large que possible, non seulement des rongeurs et insectes, mais encore des germes pathogènes que pourraient renfermer ses locaux ou ses marchandises.

« Lorsque cet appareil existera à bord du navire et que son fonctionnement aura présenté, sous le contrôle effectif de l'autorité sanitaire, les garanties requises, les plus grandes facilités devront être données pour la visite, la réception et le déchargement du bâtiment; les taxes devront être réduites au minimum prévu par le règlement; le navire pourra être admis dans les ports jusqu'ici fermés aux provenances contaminées. L'intérêt du Service sanitaire est de seconder de tout son pouvoir une installation qui constitue, dans les circonstances présentes, le moyen de défense le plus sûr qui ait été mis, jusqu'à ce jour, à sa disposition.

« A défaut d'appareil à bord, l'opération devra être effectuée avec les ressources du port. Les appareils peuvent être fournis par les constructeurs eux-mêmes ou leurs représentants; il suffit que les navires soient mis à même d'y recourir pour que l'usage doive en être considéré comme obligatoire, le rôle de l'autorité sanitaire consistant exclusivement à suivre l'opération et à en constater les résultats ».

C'est le plus grand pas qui ait été fait jusqu'à ce jour vers l'abolition des quarantaines.

Le Congrès des Médecins aliénistes et neurologistes à Bruxelles (1er-8 août 1903). — La treizième session du *Congrès annuel des Médecins aliénistes et neurologistes de France et des Pays de langue française* s'est tenue à Bruxelles, du 1er au 8 août dernier, sous la présidence du Professeur Xavier Francotte (de Liège). Les Congressistes français s'y sont rencontrés en très grand nombre, avec leurs confrères de Belgique et de Suisse.

Un accueil des plus sympathiques leur était réservé. Des fêtes et des réceptions cordiales ont contribué à resserrer l'union des travailleurs des pays de langue française.

D'importants sujets de Psychiatrie et de Neurologie ont été discutés.

Il faut signaler d'abord l'intéressant discours inaugural du Dr Francotte, qui a traité la question de la *timidité* sous une forme à la fois très scientifique et très littéraire.

Dans un Rapport fort étudié, M. Claus (d'Anvers) a

exposé la question de la *catatonie*, caractérisée par le maintien indéfini des attitudes imposées, par la répétition des mêmes phrases, des mêmes gestes, des mêmes *manières*, comme disent les Allemands; et aussi par un état de confusion mentale dans les formes dites stupidité et *stupeur*. Il a montré comment les symptômes de la catatonie se combinent à la stupidité dans une forme particulière de démence des jeunes gens, dite *démence précoce*.

M. Masoin (de Gheel) a fait ressortir le caractère automatique des gesticulations, des tics, des attitudes, des actes impulsifs, qui sont les éléments physiques du syndrome catatonique. M. Henry Meige (de Paris) a montré que ces symptômes se retrouvent réduits au minimum chez certains individus qui s'écartent peu, en somme, de la normale. Une aptitude à la catatonie se rencontre notamment chez les tiqueurs; elle peut être décelée par une expérience clinique très simple, le *phénomène de la chute du bras*.

M. Gilbert Ballet (de Paris) pense que l'on accepte un peu trop volontiers le diagnostic de démence précoce, et que souvent il s'agit de démence ordinaire survenue de bonne heure chez un dégénéré héréditaire qui a présenté des troubles psychiques.

En résumé, catatonie et stupeur sont des syndromes ou des symptômes qui se rencontrent à divers degrés d'intensité dans les états les plus variés (dégénérescence, hystérie, épilepsie, vésanies, intoxications); mais il existe aussi une entité morbide, une maladie mentale dans laquelle la catatonie et la stupeur ensemble atteignent leur plus haut développement : c'est la forme dite catatonique de la *démence précoce*.

Le deuxième Rapport concernait l'*histologie de la paralysie générale des aliénés*. M. Klippel, médecin de l'hôpital Tenon, à Paris, s'est chargé de ce travail considérable, passant en revue tout ce qui a été écrit sur ce sujet dans ces dernières années, et faisant le procès de tout ce qui n'était pas parfaitement établi par les faits. Les recherches et la critique de M. Klippel l'ont conduit à exposer des vues très personnelles, conformes, d'ailleurs, aux idées défendues plusieurs fois dans ses travaux antérieurs. Pour lui, la paralysie générale des aliénés n'est pas l'aboutissant de vésanies variées; ce n'est pas non plus une maladie autonome à étiologie univoque. Il y a donc plusieurs paralysies générales, et l'on peut en faire trois groupes, suivant que leurs lésions sont inflammatoires, dégénératives ou associées.

En dehors de son anatomie pathologique, toute l'histoire de la paralysie générale a donné lieu à des communications variées. En particulier, M. Joffroy (de Paris) a traité de l'association du tabès et de la paralysie générale; M. Toulouse (de Villejuif), de la prolongation de la réaction de la pupille à l'atropine comme signe précoce de la paralysie générale. M. Pierret (de Lyon) a parlé des rémissions; M. Arnaud (de Vanves), de la période terminale de la paralysie générale et de la mort des paralytiques généraux.

Le troisième et dernier Rapport a été présenté par M. Trénel, médecin de l'Asile des Aliénés de Saint-Yon : c'était l'exposé du *traitement de l'agitation et de l'insomnie*. M. Trénel a fait l'histoire d'une trentaine de médicaments dits *hypnotiques*. Puis il a pris en considération les moyens physiques, tels que l'*alitement* et la *balnéation* prolongée, qui sont plus efficaces que les médicaments pour combattre l'agitation et vaincre l'insomnie des aliénés.

Une longue discussion a suivi ce Rapport. M. Cullerre (de la Roche-sur-Yon), parmi les hypnotiques, préfère l'opium. M. Lallemant (de Quatre-Mares) emploie volontiers le bromhydrate de scopolamine; M. Devos (de Selzaete) aime mieux la codéine et le bromure de camphre; M. Deschamps (de Rennes) rejette les médicaments hypnotiques comme étant tous plus ou moins toxiques ; il ne se sert que des agents physiques. M. Cullerre vante les bons effets des injections de sérum artificiel ; M. Peeters (de Bruxelles), ceux du régime et de l'électrisation ; M. Doutrebente (de Blois), ceux de l'enveloppement humide. M. Dubois (de Berne) voudrait ne voir opposer aux maladies psychiques qu'un traitement purement psychique, la psychothérapie.

On ne peut signaler ici qu'un petit nombre seulement des communications diverses. D'abord, celle du Professeur Brissaud (de Paris) sur « la douleur à volonté », cette douleur que les malades se *donnent* à date fixe, à une heure invariable et dans des circonstances bien déterminées. M. le Professeur Bernheim (de Nancy) a observé des faits de ce genre et il en donne la relation détaillée.

M. Henry Meige (de Paris) étudie depuis plusieurs années les tics et les spasmes. Il fait remarquer les différences essentielles entre ces accidents dans ce qu'ils ont de plus semblable en apparence, la contraction musculaire. M. Henry Meige conte aussi l'histoire de tiqueurs qui mâchonnent leurs lèvres et d'un malade qui, par contre, avait la phobie de toucher ses lèvres : exemples de *cheilophagie* et de *cheilophobie*. MM. Rudler et Chomel, l'un médecin-major, l'autre vétérinaire de l'armée, traitent du *tic des chevaux lécheurs*.

M. Brissaud a étudié, avec MM. Hallion et Henry Meige, un cas d'*acrocyanose* compliqué de *crampe des écrivains*; ils rattachent le trouble moteur comme le trouble vaso-moteur à une insuffisance fonctionnelle de l'écorce cérébrale.

MM. Ballet et Philippe (de Paris) ont étudié la fatigue chez l'homme sain et le neurasthénique. M. Bastin (de Marchienne-au-Pont) assigne une origine thyroïdienne à des cas d'épilepsie observés par lui. M. Bourneville (de Bicêtre) fait plusieurs communications sur les idiots et sur le traitement médico-pédagogique de l'idiotie.

MM. Hallion et Carrion indiquent un nouveau procédé de traitement du goitre exophtalmique.

De nombreuses excursions ont signalé ce Congrès. D'abord, une visite à la plus ancienne colonie familiale d'aliénés, établie à Gheel.

Le mardi 4 août, les congressistes ont visité Spa, où eut lieu une conférence du Dr Wybauw, agrégé à l'Université de Bruxelles. Puis ils firent une intéressante visite des grottes de Han, de Rochefort, et rentrèrent à Bruxelles par Dinant et Namur en bateau.

Une dernière excursion, qui a duré toute une semaine, a permis de visiter la Belgique et la Hollande : Bruges, Blankenbergh, Ostende, Flessingue, Middelbourg, Rotterdam, Delft, La Haye, Scheveningue, Amsterdam, Monnikendam et l'île de Marken.

§ 8. — Enseignement

L'enseignement des Mathématiques. — Dans l'une des dernières séances du Conseil académique de Paris, des paroles très intéressantes ont été prononcées à propos de l'enseignement des sciences dans les lycées et collèges. M. Appell, doyen de la Faculté des Sciences, avec l'autorité qui s'attache à son nom, à son caractère et à ses fonctions, a développé, dans une causerie familière, la thèse suivante :

1° Dans les *classes élémentaires*, on donne une fausse idée de la science aux enfants en leur laissant croire que les Mathématiques sont une sorte de révélation accessible seulement à quelques initiés. On abuse des abstractions et des axiomes. On perd le contact avec l'expérience. On laisse entendre que la Géométrie est chose difficile, alors qu'elle est à la portée des esprits ordinaires; au lieu de poser des définitions arides, on devrait raisonner d'abord, devant les élèves, sur des objets en papier, en carton, en bois, etc. Pour la Mécanique, qui doit rester une science expérimentale, on devrait partir de l'observation, par exemple celle d'une bicyclette.

2° Dans les *classes de Mathématiques spéciales*, on se borne à charger la mémoire de ce qui paraît nécessaire pour l'entrée à l'Ecole Polytechnique : la culture donnée aux esprits n'est *nullement scientifique*.

D'ailleurs, les professeurs de l'Ecole Polytechnique en conviennent eux-mêmes : « En *spéciales*, disait récemment l'un d'eux à M. Appell, on apprend aux élèves à jouer du fifre; ici, nous leur apprenons à jouer du tambour ». Dans les établissements qui font concurrence à l'Université, la situation est pire.

M. Liard, vice-recteur de l'Académie de Paris, a ensuite donné lecture d'un Rapport qu'il avait précisément consacré à cette question, et qui peut se résumer ainsi : Le programme d'entrée à l'Ecole Polytechnique détermine et constitue entièrement le programme de la classe de Mathématiques spéciales; du même coup, il a une répercussion inévitable sur tout ce qui est antérieur à cette classe, si bien qu'il pèse d'un poids énorme sur toute l'éducation scientifique du pays. Or, M. Liard a convoqué les professeurs de Mathématiques euxmêmes et leur a posé cette double question :

1° Les programmes actuellement suivis et orientés vers l'Ecole Polytechnique donnent-ils aux *esprits* une culture scientifique vraiment digne de ce nom?

2° Donnent-ils aux *activités* une somme de connaissances pratiques suffisantes?

Tous les mathématiciens consultés ont répondu négativement.

En conséquence, le Conseil académique a émis le vœu que le Conseil supérieur de l'Instruction publique, renversant l'ordre de choses établi, élaborât, pour la classe de *Mathématiques spéciales*, un programme d'Algèbre, de Géométrie et de Mécanique, qui, au lieu d'être déterminé désormais par l'examen d'entrée à l'Ecole Polytechnique et par les considérations personnelles qui s'y trouvent attachées, déterminerait lui-même les conditions d'entrée à l'Ecole.

A propos de la lutte entre l'Agrégation de l'Enseignement secondaire et le Doctorat. — On sait combien âpre est depuis quelques années, en certaines fractions du corps universitaire, la lutte entre les agrégés de l'Enseignement secondaire et les docteurs ès-sciences ou ès-lettres. Les premiers, ayant péniblement conquis par voie de concours un grade qui, constatant à la fois leur savoir et leur aptitude à enseigner, doit théoriquement leur attribuer des chaires dans nos lycées, voudraient écarter la concurrence des seconds. Jadis, cette concurrence était nulle; le doctorat, grade de l'Enseignement supérieur, donc grade supérieur à celui d'agrégé de l'Enseignement secondaire, conduisait directement aux Facultés. Aujourd'hui, soit en sciences, soit en lettres, le nombre des docteurs est devenu trop considérable pour que tous puissent entrer immédiatement dans le haut enseignement, et bon nombre d'entre eux bornent, temporairement au moins, leurs aspirations à la situation de professeurs de lycées. D'où toute une levée de boucliers contre ces intrus, tolérables peut-être dans l'Enseignement supérieur, mais qui, n'étant pas agrégés, c'est-à-dire baptisés et étiquetés pédagogues, ne peuvent faire que de mauvais cours. Beaucoup de docteurs ès-lettres ou ès-sciences étant, à des degrés divers, des autodidactes, des non consacrés, des non officiels, certains officiels n'ont, pour lutter efficacement contre eux, trouvé rien de mieux que de travailler à l'abaissement du doctorat : plusieurs fois, en rendant compte de certaines thèses de doctorat ès sciences, la *Revue* s'est élevée contre l'indigence par trop flagrante des Mémoires présentés et l'indulgence par trop habile de certains juges. En même temps qu'elle acquérait au Maître une clientèle d'étudiants pressés de devenir docteurs, la faiblesse des travaux qu'il accueillait déconsidérait le doctorat.

Les agrégés dépourvus de tout grade d'Enseignement supérieur n'ont pas manqué de tirer argument de ces défaillances pour repousser des lycées les docteurs non agrégés, et voici que ceux-ci, trop nombreux pour entrer tout droit dans les Facultés, voient se fermer devant eux les petites portes de l'Enseignement secondaire. Quelques-uns se permettent de résister : ils font remarquer, non sans raison, que « ce sont eux qui font la science » et « vivifient l'Université »; ils s'associent pour faire entendre leurs réclamations et entreprennent, à cet effet, de publier la liste des publications de tous les docteurs non agrégés qui professent actuellement dans nos Etablissements d'Enseignement secondaire. Les premières listes que nous recevons d'eux témoignent de la haute importance de leurs travaux.

Agrégation des Ecoles supérieures de Pharmacie. — Le Ministre de l'Instruction publique vient de décider qu'un Concours s'ouvrirait à Paris, en 1904, pour dix places d'agrégés réparties de la façon suivante : Physique, 1; Chimie et Toxicologie, 4; Histoire naturelle, 4; Pharmacie, 1. Ce Concours sera ouvert le 1[er] février 1904, pour la Section de Physique, Chimie et Toxicologie, et le 15 avril 1904, pour la section d'Histoire naturelle et de Pharmacie.

Voici les sujets de thèses que les candidats de la Section de Physique, Chimie et Toxicologie, pourront traiter à leur choix :

Physique. — 1° Etude des rayons X et des radiations nouvellement découvertes; 2° courants polyphasés et leurs applications; 3° études des propriétés physiques des alliages métalliques.

Chimie et Toxicologie. — 1° Arsenic (Chimie et Toxicologie); 2° métaux alcalins; 3° carbures métalliques; 4° préparation électrolytique des corps simples; 5° bore et ses composés minéraux; 6° dérivés organiques de l'hydroxylamine; 7° pyrrols, pyrazols, triazols et tétrazols; 8° indol et ses dérivés; 9° composés diazoïques de la série grasse; 10° purine et ses dérivés; 11° tropine et ses dérivés; 12° camphre et ses dérivés.

Ecole nationale des Eaux et Forêts. — Les élèves diplomés de l'Institut National Agronomique dont les noms suivent viennent d'être nommés élèves de l'Ecole nationale des Eaux et Forêts :

MM. Paquet, Lafargue, Ménard, Barrière, Collet, Noël, Flaugère, Sinturel, Auvert, Colas des Francs, Barrault, Reboul, Ponsar, Berveiller, Poujol de Molliens, Comte.

Un décret du Ministre de l'Agriculture vient de modifier les conditions de recrutement de cette Ecole.

Aux termes de ce décret, les élèves se recrutent parmi les élèves diplômés de l'Institut National Agronomique suivant le mode adopté à l'Ecole Polytechnique pour le recrutement de ses écoles d'application. Toutefois, avant d'être définitivement admis à l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, les élèves diplômés devront justifier : en ce qui concerne les Mathématiques d'une moyenne de 15 au moins; en ce qui concerne l'allemand ou l'angais, de connaissances spéciales en ces langues. A cet effet, des examens spéciaux seront passés à la sortie de l'Institut Agronomique. L'exception établie en faveur des élèves sortant de l'Ecole Polytechnique est maintenue. Enfin, les élèves devront avoir eu moins de vingt-trois ans au 1[er] janvier de l'année d'entrée à l'Ecole de Nancy. Pour les jeunes gens ayant satisfait à la loi militaire, la limite d'âge sera reculée du temps qu'ils auront passé sous les drapeaux.

Le nombre des élèves reçus chaque année ne peut être supérieur à 18. Dans ce nombre, 2 élèves sont destinés au service forestier de l'Algérie et 2 à celui de l'Indo-Chine. L'affectation des élèves aux services de la métropole et des colonies est faite à la sortie, et les élèves manifestent leurs préférences suivant leur ordre de classement.

LE TABLEAU DE LA GÉOGRAPHIE DE LA FRANCE
DE M. VIDAL DE LA BLACHE

Le titre du récent ouvrage de M. Vidal de La Blache[1] évoque invinciblement le *Tableau de la France* que Michelet a placé au seuil de son *Histoire*. Le rapprochement n'a rien de forcé, car Michelet a le sens de la géographie; il en a la divination plutôt que la méthode. « L'ancienne diversité de la France, écrit-il, sera caractérisée par une forte géographie[2]. » « Mais il ne suffit pas de tracer la forme géographique de ses diverses contrées; c'est surtout par leurs fruits qu'elles s'expliquent, je veux dire par les hommes et les événements que doit offrir leur histoire. Du point où nous nous plaçons, nous prédirons ce que chacune d'elles doit faire et produire, nous leur marquerons leur destinée, nous les doterons à leur berceau[3]. »

Le méthode de M. Vidal de La Blache est moins ambitieuse et plus sûre. « L'étude de ce sol contribuera à nous éclairer sur le caractère, les mœurs et les tendances des habitants. Pour aboutir à des résultats précis, cette étude doit être raisonnée; c'est-à-dire qu'elle doit mettre en rapport l'aspect que présente le sol actuel avec sa composition et son passé géologique[4]. » Tandis que l'imagination de Michelet se joue et parfois s'égare dans un finalisme périlleux et traître, M. Vidal de La Blache poursuit, en serviteur de la science, « l'intelligence des causes ».

Michelet, pour contempler l'ensemble de la France, « pour la voir se diviser d'elle-même », monte sur « un des points élevés des Vosges ou du Jura ». De ce belvédère, la vue plane sur un champ trop vaste, où les détails, les contrastes même se fondent et s'estompent dans le lointain.

M. Vidal de La Blache est entré en communion plus intime avec la terre de France : il l'a parcourue jusqu'en ses recoins, et, dans ce pieux pèlerinage, il s'est « imprégné de son suc ». Si son exploration a été éclairée par les travaux de géographie régionale, littérature déjà fort respectable, éclose en grande partie sous son inspiration, on ne saurait dire qu'il a résumé ici ou condensé toutes ces recherches; il les a faites siennes, parce qu'il les a vérifiées par sa propre vision, parce qu'il les a traduites en artiste; il les a en quelque sorte revécues : c'est pourquoi — notons-le pour débouter les intéressés — un appareil de références déparerait cette œuvre personnelle.

[1] *Histoire de France depuis les origines jusqu'à la Révolution*, publiée sous la direction de M. Ernest Lavisse. T. I, 395 p., 1 carte en couleurs hors texte; 60 cartes et figures dans le texte (Paris, Hachette, 1903).

[2] *Histoire de France*, 2e éd., 1835. *Eclaircissement*, p. 704.

[3] *Tableau*, ibid., p. 3.

[4] Avant-propos, p. 4.

I

La première question que l'auteur se pose « et qu'il semble presque paradoxal de poser même » est celle-ci : La France est-elle un être géographique? Elle est un assemblage de masses minérales, de paysages, de groupes humains qui se diversifient et s'opposent. Elle n'a point cette unité de contours et de formes qu'offrent la plaine allemande ou la plate-forme russe. Elle s'est individualisée pourtant, de très bonne heure, professe M. Vidal de La Blache; elle a pris corps et âme alors que tant d'autres pays, embryons d'Etats futurs, stagnaient encore dans la phase inorganique. Assurément, parmi les États modernes, la France est une doyenne. Mais sa personnalité morale ne s'est consommée que dans la Révolution; en se moulant sur le cadre que les vicissitudes territoriales lui ont assigné, elle lui a imprimé une physionomie originale. Cette figure de la France que la carte nous a rendue familière est une création à la fois de la Nature et de l'homme. « Ce mot de personnalité, observe M. Vidal de La Blache, appartient au domaine et au vocabulaire de la Géographie humaine ».

Cette personnalité ne se serait pas épanouie ni développée avec la même puissance si la France était demeurée isolée, ramassée entre ses frontières, retranchée du tronc continental. Elle tire une partie de sa force vitale de l'organisme plus grand où elle est intégrée, sans s'y absorber, et dont elle est l'expression la plus achevée.

L'Europe est constituée par une série d'isthmes entre les mers qui la pénètrent au Nord et au Sud, isthmes qui se rétrécissent de plus en plus vers l'occident. La France est resserrée autour des plus courtes de ces transversales, du golfe de Ligurie à la Manche et à celui de Gascogne. M. Vidal de La Blache signale ce trait comme décisif pour les destinées du pays. Strabon l'admirait comme le plan tracé par une providence; c'est, en effet, la médiatrice entre les voies naturelles qu'a suivie la civilisation ou, selon un terme cher à M. Vidal de La Blache, la « vie générale ». La route de l'ambre, qui a strié la partie la plus massive de l'Europe, n'a point conquis pareille signification. Et la péninsule

ibérique, qui se carre entre les deux mers, n'est point percée, comme la France, de ces avenues qui mènent par des seuils faciles de l'une à l'autre.

La France est soudée au Vieux Monde par son ossature, par son réseau artériel, par ses œuvres vives. Elle est méditerranéenne, moins par ses 600 kilomètres de façade que par l'échancrure d'entre Alpes et Pyrénées par où s'insinuent, avec les chauds effluves, avec les plantes rèches et odorantes, la culture raffinée, l'esprit subtil et positif des peuples riverains du bassin aux flots bleus. Ce couloir fut la route de l'étain, des vins, des marchandises et des idées. « Des mers qui baignent notre pays, la Méditerranée est la seule dont l'influence se soit fait puissamment sentir sur nos origines. Ce qu'elle nous a surtout communiqué, c'est ce que la barque du commerçant porte avec elle, le luxe dans le sens du superflu, nécessaire à la civilisation, l'éveil et la satisfaction de besoins nouveaux. Elle fut une initiatrice, et c'est pourquoi son nom éveille en nous le charme qui s'attache à nos souvenirs d'enfance. » C'est le cri de reconnaissance d'un fils du Midi [1].

La France a reçu aussi des influx continentaux : l'un, de provenance ibérique, ou plus lointainement africaine, qui ne s'est diffusé qu'à l'ombre des Pyrénées [2]; l'autre, de l'Est, qui s'est largement épandu en plusieurs courants. Les hommes ne sont pas les seuls migrateurs : les végétaux, les animaux essaiment et colonisent aussi, et ainsi se créent des affinités enracinées dans le sol même. C'est un va-et-vient d'arbres, de céréales, de plantes textiles, un échange entre la France et l'Europe centrale. Quant aux hommes, ils ont cheminé suivant un itinéraire que la Nature a tracé, non pas, comme le remarque M. Vidal de La Blache, le long des bas-fonds fluviaux où ils se seraient enlisés dans les marécages ou empêtrés dans les broussailles, mais par les surfaces découvertes, par les steppes fertiles; c'est sur les terres noires, les limons ou lœss qu'ils prirent pied : la forêt ne fut violée que très tard [3]. M. Vidal de La Blache a mis à contribution les données de l'archéologie préhistorique, non pas seulement les trouvailles de l'industrie humaine, mais celles de restes d'animaux, de graines, de fruits, pour repérer les étapes du peuplement de l'Europe centrale. Cette conception éminemment géographique, l'auteur l'a traduite sur une carte lumineuse « pour servir à l'histoire de l'occupation du sol ». Les clairières de terrain arable s'y détachent, entre les massifs forestiers : campements de communautés embryonnaires, que les invasions glaciaires ont, — comme l'a montré Ratzel, — expropriées à plusieurs reprises, et refoulées sur les espaces indemnes; ces épisodes ne se sont pas produits seulement dans la plaine nord-allemande, mais aussi aux abords des Alpes françaises et des Pyrénées. Cette carte illustre les rapports de solidarité entre la France et le centre de l'Europe, rapports « fondés surtout sur la nature des sols ».

Trois axes de colonisation ont convergé sur la France : l'un qui aboutit en Bourgogne, l'autre en Picardie et en Champagne, un troisième le long de la côte basse trempée et herbeuse de la mer du Nord. Ces courants de « vie générale » se sont rencontrés et fondus avec ceux du monde méditerranéen et ibérique; et ce phénomène d'absorption ou de pénétration réciproque s'est accompli non pas dans un moule uniforme, mais dans le milieu le plus varié, le plus composite, où il semble que les différences doivent s'accuser [1]. M. Vidal de La Blache explique ce mystère ou, comme il dit, « ce secret de nature ». Cette variété, qui est la caractéristique de la France, n'éclate pas en brusques dissonances. « Entre les pôles opposés, la nature de la France développe une richesse d'organismes qu'on ne trouve pas non plus ailleurs... Par une interférence continuelle de causes climatériques, géologiques, topographiques, le Midi et le Nord s'entre-croisent, disparaissent et réapparaissent. » Parmi ces causes, la dominante est, selon M. Vidal de La Blache, le climat, agent d'unité et de fécondité.

Car si la France a pu assimiler les éléments divers qui lui ont été apportés de toutes parts, c'est qu'elle leur a été maternelle; c'est un « benoit pays ». « Ce que le Français distingue dans la France, comme le prouvent ses regrets quand il s'en éloigne, c'est la bonté du sol, le plaisir d'y vivre. Elle est pour lui le pays par excellence, c'est-à-dire quelque chose d'intimement lié à l'idéal instinctif qu'il se fait de la vie... Il y a donc une force bienfaisante, un *genius loci*, qui a préparé notre existence nationale et qui lui communique quelque chose de sain ». Si la nation française est restée la plus homogène, la plus finie, c'est qu'elle a été dans l'Europe continentale la plus précoce. Cette précocité — encore un terme cher à l'auteur — est de deux sortes : « l'une qui tient au climat et

[1] Cf. Vidal de La Blache : Des rapports entre les populations et le climat sur les bords européens de la Mediterranée. *Rev. de Géographie*, t. XIX, 1886.

[2] *Tableau*, p. 289. Cf. Ratzel : Der Ursprung und die Wanderungen der Völker geographisch betrachtet. II (*Kgl. sachs. Ges. Wiss. Leipzig, Philol. hist. Cl.*, 5 févr. 1900, p. 53-5, 78, 81).

[3] Cette question si importante des origines du peuplement dans l'Europe centrale a été résumée par Rob. Gradmann : Das mitteleuropäische Landschaftsbild nach seiner geschichtlichen Entwicklung (*Geogr. Ztschr.*, 1901, p. 361-7, 435-49).

[1] Cf. Michelet, *loc. cit.*, p. 124, 128.

à la variété des ressources du sol... ; l'autre... tient aux facilités d'établissement, de circulation, de défense, à tout ce qui hâte la vie générale[1] ».

Ce que M. Vidal de La Blache affirme dans cette introduction, c'est l'éminente dignité de la France parmi les formations politiques de l'Europe ; mais cette éminente dignité repose sur la raison géographique. L'Europe, en effet, s'y reflète en une image harmonieuse et affinée ; et ce raccourci d'Europe, grâce au merveilleux équilibre de sa structure et de son climat, à sa force assimilatrice, s'est développé en un organisme sain et vivace et si bien agencé qu'il donne l'impression de l'unité. Ni l'Ibérie ni la Grande-Bretagne, mieux soustraites aux influences étrangères pourtant et plus repliées sur elles-mêmes, n'ont réalisé cette unité au même degré.

De ces pages si riches en aperçus la manière et la pensée de l'auteur se dégagent. Il apprend aux lecteurs de l'*Histoire de France* à lire les destinées de leur patrie sur le document de tous le plus éloquent et le plus plein de choses, sur le sol, et il donne toute sa valeur à cette devise de Michelet : « L'histoire est d'abord toute géographie ». Mais tandis que, chez Michelet, l'historien éclipse, et parfois leurre, le géographe, ce dernier, chez M. Vidal de La Blache, garde toute sa maîtrise. Ainsi donc on se tromperait en cherchant ici un essai ou un modèle de cette science — un peu bâtarde — qui se qualifie de Géographie historique. C'est ici proprement de la Géographie humaine.

« La France est une personne », s'est écrié Michelet. Et cette personne il l'a aimée en poète, avec des envolées lyriques et un enthousiasme haletant ; la tendresse de M. Vidal de La Blache est plus contenue, plus familiale et plus communicative aussi. Il semble qu'en consacrant son labeur à la terre natale, il ait voulu acquitter une dette de reconnaissance.

II

Pour être une, la France n'est pas homogène ; son sol comporte des « divisions fondamentales ». Dans une étude qui est comme l'ébauche de son *Tableau* d'ensemble, M. Vidal de La Blache en avait, il y a une quinzaine d'années, esquissé les limites[2]. Il les désignait ainsi : *Bassin parisien*, *Plateau central*, *Ouest*, *Midi*, *Vallée du Rhône et de la Saône*, outre les groupes régionaux qu'il appelle *périphériques*. Il est, dans sa description régionale, resté fidèle à ce schéma, mais en élargissant les cadres, en y englobant les régions périphériques. Voici les grandes provinces entre lesquelles il partage le territoire : *France du Nord*, *Entre les Alpes et l'Océan*, l'*Ouest*, le *Midi*. Rubriques vagues, assurément, et flottantes à dessein, orientées sans autre prétention sur les points cardinaux. Ouest, Nord, Midi : ces vocables ont le mérite et la commodité du langage usuel et populaire, et ils répondent à la nature des choses[1].

Mais ces grandes provinces sont des complexes : non pas des blocs rudimentaires, presque inarticulés, à la façon des colonies de madrépores, mais des corps où fonctionnent des organes et des cellules, agrégés les uns aux autres, quoique vivant de leur vie propre. Hiérarchie de régions de première, de deuxième, de troisième grandeur et au-dessous. La *France du Nord* comprend, d'après M. Vidal de La Blache, l'*Ardenne* et la *Flandre*, le *Bassin parisien*, la *région Rhénane* ; celle-ci, par exemple, se subdivise en *Vosges*, *Lorraine*, *pays Messin*, *Alsace*, et, à leur tour, ces régions se morcellent en districts naturels qui sont les *pays*.

Sur quel principe reposent ces démarcations ? Suffit-il, comme l'a proposé Élie de Beaumont, de tracer les contours des étages géologiques[2] ? Cette conception des géologues, la Géographie l'a dépassée et, l'on oserait dire, rehaussée. « Ce n'est pas par hasard, écrit M. Vidal de La Blache, que les divisions fondamentales se rapprochent des divisions géologiques au point de coïncider à peu près avec elles. Mais il faut reconnaître qu'elles se justifient aussi par des raisons tirées de l'aspect du sol, du caractère de la végétation, du groupement des habitants, c'est-à-dire d'ordre essentiellement géographique[3]. »

Le damier des masses minérales dessine le fond du canevas ; et les sections de territoire, telles que les propose M. Vidal de La Blache, en respectent les linéaments avec plus de rigueur et de scrupule parfois que ne font certains géologues. Montez en wagon avec l'élégant volume de M. de Lapparent, au titre captieux : dans la rapidité du trajet, les frontières s'effacent et vous êtes emporté sans vous en apercevoir en dehors du Bassin parisien et même des régions adjacentes jusqu'en Auvergne ou jusqu'au Rhin. M. Vidal de La Blache exclut du Bassin les formations triasiques lorraines[4], pendant des

[1] Ratzel (*Deutschland*, p. 225) attribue cette précocité surtout aux frontières naturelles qui ont permis à la France de se développer en toute sécurité.

[2] *Des divisions fondamentales du sol français* : *Bullet. littérat.* 10 octobre et 10 novembre 1888. Réimprimé comme introduction, p. V-XXX, dans la *France*, par P. Vidal de La Blache et P. Camena d'Almeida (A. Colin, 1897).

[1] L'auteur avait proposé une nomenclature rationnelle dans un article de la *Rev. de Géographie* (XVII, 1885) : *De quelques réformes dans la terminologie géographique de la France*, où l'on lit cette devise heureuse : « Un nom bien choisi vaudrait presque une description ».

[2] *Explication de la carte géologique*, Introd., p. 7. Cf. Lapparent : *La géologie en chemin de fer*, p. 9. *Le Pays de Bray*, p. 4.

[3] *Des divisions fondamentales*, p. 57.

[4] Dans l'article précité sur la *Terminologie*, M. Vidal de

terrasses souabes-franconiennes, et, selon Elie de Beaumont, « portion du sol germanique qui fait incursion dans nos départements français ». Et, dans l'ordre de description des diverses parties du Bassin, « c'est *naturellement* (nous soulignons le mot) l'idée géologique » qui lui sert de guide.

C'est l'idée géologique encore qui couvre l'appellation plus incertaine d'Ouest : car l'Ouest est un « massif primaire », embrassant la Bretagne, le Cotentin, le Bocage normand, une fraction du Maine et de l'Anjou, la Vendée. « Le morcellement géologique est extrême; il en résulte que le massif forme un ensemble de *pays*, plutôt qu'un groupe de provinces ».

Mais les provinces, êtres collectifs, personnages historiques, aussi bien que les menues communautés qui ne jouent dans l'histoire et l'économie nationales qu'un rôle subordonné et obscur, ne tirent pas de leur seule complexion minérale leur titre à l'existence ou leur état civil. « L'expression de *pays*, avait expliqué M. Vidal de La Blache, a cela de caractéristique qu'elle s'applique aux habitants presque autant qu'au sol [1]. »

Ce pourrait être la formule et la doctrine de la Géographie humaine. « L'homme ne cesse pas, dans ses différents états, de faire partie intégrante de la physionomie géographique du Globe », écrivait M. Vidal de La Blache dans un article où il a moins résumé que repensé les idées de Ratzel [2]. L'homme apparaît sur la scène, non pas au premier plan ni comme le héros qui commande les péripéties, — la Géographie humaine n'a plus de docteurs aussi ambitieux et intransigeants que Strabon ou Ritter, — mais comme un acteur nécessaire et dont l'absence donne une sensation de vide. Cette sensation, on ne l'éprouve pas sur le sol français, tel que le dépeint M. Vidal de La Blache; la Nature y est profondément « humanisée ». Cette humanisation a pour symboles les établissements humains, depuis la hutte isolée jusqu'aux villes modernes, et les routes, d'autre part, depuis la piste des chemineaux préhistoriques jusqu'aux voies machinées des ingénieurs les plus hardis.

L'homme choisit les sites où il asseoit sa demeure, et adapte celle-ci aux conditions du milieu. M. Vidal de La Blache illustre cette vérité par une série de croquis très expressifs : ici, dans le Santerre [3], les villages « sont régulièrement répartis sur les croupes légèrement argileuses qui surmontent la convexité du plateau limoneux; toute la population s'y groupe; arbres et vergers s'y concentrent; des champs nus les séparent. Dans le Vermandois [1], le contraste s'accuse entre les villages agricoles du plateau, et les bourgs, moulins, châteaux, abbayes, usines, etc., qui émaillent les vallées, depuis leur chevet dès la source des rivières. En Flandre [2], deux types de groupement : l'un, dans les Watergrands, « où les files de maisons s'égrènent, comme en Hollande, le long des canaux, des chaussées et des routes; quelques-unes, autour de l'église, forment un embryon de village » ; l'autre, dans le Pays du Bois, où les fermes sont « le type essentiel du peuplement ». Chaque paysage détermine l'habitat et l'habitant : celui de la Bourgogne, par exemple, « se compose de bandes minces, mais distinctes, communiquant aux habitants des vallées, des coteaux, des plateaux, des caractères bien reconnaissables et bien connus les uns et les autres [3] ».

Du mode de groupement, M. Vidal de La Blache tire des conclusions d'une singulière portée. Déjà le poète du Roman de Rou avait distingué :

> Li paisan et li vilain
> Cil des boscages et cil des plains.

On est porté à confondre ces deux types ruraux. « En Lorraine, en Bourgogne, en Champagne, en Picardie, l'habitant de la campagne est surtout un villageois; dans l'Ouest, c'est un paysan [4]. » Il y aurait là matière à une curieuse étude de psychologie sociale.

« La ville représente, à un degré éminent, l'émancipation du milieu local, une main-mise plus forte, plus large de l'homme sur la terre [5]. » M. Vidal de La Blache célèbre les villes de France comme des pôles d'énergie vitale, des points de cristallisation autour desquels les éléments des formations politiques se sont conglomérés. Voici Reims, « métropole de la deuxième Belgique, c'est-à-dire d'un groupement très ancien, qui a failli rester dominant dans notre histoire... Ce fut un foyer riche et vivant. Ses saints sont des hommes d'action qui, par là, plurent à ce peuple et qu'il s'amuse à ciseler à son image. Saint Rémi, saint Éloi, saint Médard, saint Crepin sont des saints familiers... Reims résume et incarne tout un cycle de légendes [6] ». Paris a dû le début de sa fortune à sa position topographique de nœud d'un carrefour, bien qu'il ne fût pas placé « sur la diagonale le plus directe du Rhône à la Mer du Nord, d'Italie aux Flandres. Autrefois, comme aujourd'hui, il fut surtout une capitale intérieure ». C'est

La Blache annexe au bassin Parisien la vallée de la Meuse (p. 171).

[1] *Ibid.* p. 6.

[2] *La Géographie politique, à propos des écrits de M. Frédéric Ratzel.* (*Annales de Géogr.*, VII, 1898, p. 99).

[3] *Tableau de la Géographie*, Carte 9, p. 93.

[1] Carte 10, p. 95.

[2] Cartes 5 et 6, p. 75-6.

[3] Tableau de la Géographie, p. 241.

[4] Tableau, p. 31.

[5] *La Géographie politique*, etc., p. 107.

[6] Tableau, p. 107.

l'installation de la royauté qui a consacré la suprématie de Paris. « Dès lors, la Géographie ne s'en désintéresse pas assurément, mais elle n'a plus le premier rôle[1]. » La Rochelle a pâti d'un sort contraire. « C'est l'Histoire plus que la Géographie qui a trahi La Rochelle[2] »; et l'auteur a compassion de ce littoral déserté, dont la campagne poudreuse est baignée par sa mer jaunie[3]. M. Vidal de La Blache mesure avec équité la part de l'Histoire et de la Géographie, sans surfaire celle-ci. Ainsi, dans un cadre géographique tout factice et hétérogène se constitua la Normandie, « qui fut, non une province, mais un État. Ses limites sont des frontières artificielles et gardées par des lignes de forteresses[4] ». Et, de même, « si c'est dans le Nord que s'est formé l'État français », les vicissitudes historiques y ont contribué plus efficacement que les conditions naturelles qui se combinent dans cet ensemble. S'il est vrai qu'une « certaine harmonie de proportions est nécessaire pour un développement politique de quelque importance[5] », il n'en faut pas moins avouer « qu'un État n'est pas, comme un pays, l'expression naturelle et propre, spontanée de rapports issus du sol; c'est une source de concentration artificielle et soutenue qui vit d'actions et réactions réciproques[6] ».

Toutefois, la Nature a déjoué aussi les essais d'unification que les hommes ont tentés : dans le couloir du Rhône, « trop étroit pour que la vie d'un État s'y meuve à l'aise »; dans le bassin aquitain, « un des domaines les plus heureux pour l'homme, un de ceux où l'existence est abondante et facile », et qui n'a pas trouvé en lui-même « les moyens de constituer une unité politique. Il y manque ce que les physiologistes appellent un point d'ossification ; en d'autres termes, un centre commun autour duquel les parties se coordonnent. Toulouse et Bordeaux ont vécu à part, chacune dans sa sphère d'action[7] ». Si les petites communautés alpestres, « embryons de démocraties cantonales », ne sont pas devenues une Suisse, c'est que « l'Histoire a été dure pour elles[8] ». Est-ce bien la seule Histoire qu'il faut incriminer?

Nous avons multiplié les exemples pour montrer avec quel tact M. Vidal de La Blache manie et marie les faits historiques à ceux dont la Géographie le munit. On cueillerait à chaque page des observations qui éclairent et mettent au point la

[1] Tableau, p. 143.
[2] Tableau, p. 372.
[3] Cf. Vidal de La Blache : La Baya. Note sur un port d'autrefois. *Rev. de Géogr.*, XVI, 1885.
[4] Tableau, p. 182.
[5] Tableau, p. 233.
[6] Tableau, p. 60. Cf. *La Géographie politique*, p. 109.
[7] Tableau, p. 376.
[8] Tableau, p. 265.

théorie si mal comprise du *milieu*. M. Vidal de La Blache ne sacrifie ni au fatalisme ni au finalisme; mais il accorde aux causes géographiques toute leur signification et tout leur empire.

C'est avec la même sûreté qu'il procède dans l'étude des routes, autres documents de première importance dans les recherches de Géographie humaine. « Si l'on cherche quels sont les principes moteurs du développement des villes et des États, il faut regarder surtout aux changements qui surviennent dans les modes de communication et de transport[1]. » On n'entendra pas ici le terme de route dans l'acception fantaisiste de M. Demolins[2].

C'est dans le système routier que se traduit, de la façon la plus lumineuse, l'évolution politique de notre pays. M. Vidal de La Blache accole la carte des voies romaines et celles des routes de poste à la fin du XVIIIe siècle[3] : là, Lyon est la tête; ici, Paris est le nœud ; la centralisation a fait son œuvre.

M. Vidal de La Blache est trop géographe pour célébrer la centralisation. Michelet l'a exaltée, non sans regrets, et peut-être sans illusion. « Cette belle centralisation, par quoi la France est la France, elle attriste son premier coup d'œil[4]. »

Ce qui console M. Vidal de La Blache, si nous interprétons bien sa pensée, c'est que la centralisation n'est peut-être pas le terme fatal du développement de la France ; que, si elle a oblitéré, atrophié quelques-unes des énergies recélées dans notre sol, « bien des énergies attendent encore leur tour ». On sent que tout ne s'ajuste pas dans le rouage. « On peut dire que la physionomie de l'histoire de France ne se dégage complètement que si l'on tient compte des causes qui n'ont pas trouvé fortune. Ce qui paraît épisodique, accidentel, n'est souvent que la revanche de causes géographiques gênées dans leur action ».[5] Le procès n'est pas tranché; mais M. Vidal de La Blache se garde de prononcer ou même de préjuger une sentence. Il s'arrête à la Révolution, que lui impose le titre même de l'ouvrage. Mais il livre une riche matière à notre réflexion. Il nous facilite l'intelligence du passé, mais aussi bien celle de l'histoire de demain ; l'on trouve ici en substance tous les arguments d'un programme de décentralisation, d'un remaniement des cadres politiques, d'un plus judicieux emploi des forces vives du pays; et ces considérations nous amènent à la définition du vieux maître Strabon : « τῆς γεωγραφίας τὸ πλέον ἐστὶ πρὸς τὰς χρείας τὰς πολιτικάς ; la Géographie répond surtout aux besoins de la vie politique. Elle acquiert ainsi toute sa dignité et toute sa vertu.

[1] *La Géographie politique* p. 109.
[2] *Les grandes routes des peuples*. Paris, 1901.
[3] Tableau, p. 378-9.
[4] Tableau, p. 123.
[5] Tableau, p. 382.

III

Cette « philosophie » ne nuit pas à la beauté de l'œuvre. Ce n'est pas un titre mensonger que celui de *Tableau*. M. Vidal de La Blache a l'œil du peintre, amoureux des formes et des couleurs. Il saisit la « livrée » de chaque pays et les multiples motifs du décor. Dans le panorama que ces pages déroulent à nos yeux, notons quelques touches, quelques épisodes au hasard, dans les régions les moins pittoresques, les plus apaisées. En Brenne et en Sologne, « le relief n'a que contours indécis, horizons bas et mous. C'est surtout vers la périphérie de ces « brandes » que les bois s'épaississent ; on voit ainsi les coteaux qui encadrent les vallées de la Loire et du Cher s'assombrir, au sommet, par des lignes de forêts. La vie seigneuriale et princière se complut à certaines époques dans ces demi-solitudes giboyeuses ; elle y dressa des châteaux. Chambord découpe comme dans un paysage de conte de fées les silhouettes de ses tourelles. Mais, en général, dans cette France centrale où tant de rapports se nouent, ces pays, *Brenne*, *Sologne*, représentent et surtout représentaient une vie à part, pauvre, souffreteuse, défiante. Un certain charme pittoresque n'en est pas absent ; mais il a lui-même quelque chose d'étrange, il tient surtout aux effets du soir, aux obliques rayons dont s'illuminent ces mares dormantes, ces bruyères et ces ajoncs entre les bouleaux et les bouquets de pins[1] ». Voici, en Picardie, le paysage de la craie : « Sur ces croupes larges et molles où le relief n'est arrêté par aucune tranche plus résistante, la rareté des formes en saillie, des arbres, de l'eau, des maisons supprime tout ce qui distrait et égaie l'œil. Ce relief et cet aspect sont engendrés par la craie ». Sous le limon qui la masque, « elle apparait çà et là par des écorchures blanches où croissent quelques genévriers ; elle se devine dans les champs à des teintes pâles qui font tache dans le limon roux[2] ».

Sous la toilette végétale, le regard de M. Vidal de La Blache cherche la roche et se délecte aux « belles pierres », symboles vivants de l'art né du sol. C'est, dans le Laonnais, « l'admirable pierre calcaire aux vives arêtes, aussi apte aux fines ciselures qu'aux entassements gigantesques, qui ajoute un aspect monumental devenu inséparable de sa physionomie. C'est, elle qui dresse partout, dans les moindres villages, ces maisons sveltes et blanches... Avec l'apparence de sculptures que leur donnent leurs pignons découpés en gradins, elles respirent une sorte d'élégance générale à laquelle répondent la beauté des édifices, la majesté des arbres, la variété des cultures... Le reflet de la civilisation du XIIIe siècle brille encore sur ce pays du Laonnais ; un coin de ruine, le style d'un moulin, d'une vieille ferme, d'une église de village, montrent qu'un souffle d'art et de richesse a pénétré partout. On y voit quelque chose comme cette impression diffuse d'élégance et d'art qu'on respire si pleinement en Toscane et en Ombrie[1] ». Ailleurs, le contraste éclatant entre la région vosgienne, « celle des grandes abbayes, des villes rouges construites en grès..., et l'autre, celle des calcaires, celle de la belle pierre grise, qui communique à Montbéliard et à Besançon l'aspect sévère de leurs édifices[2] ». La vie de la Provence « est étroitement liée à la nature des lieux. La roche calcaire imprime au pays l'aspect monumental, si frappant surtout entre Avignon et Arles. Tout un peuple d'édifices ruinés ou debout est sorti des carrières des Alpines ou des chaînons voisins : amphithéâtres, arcs de triomphe, aqueducs. Pas de rocher au bord du Rhône qui n'ait sa tour massive et rectangulaire, jaunie par le soleil... La nudité de la roche s'harmonise à merveille avec l'architecture. Au théâtre d'Orange, la roche et l'édifice ne font qu'un ; à Roquefavour comme au Pont du Gard, les arches des aqueducs semblent faire partie des escarpements qui les encadrent ; on dirait que la roche elle-même, à peine tachetée de quelques pins, a été ciselée en arcades, taillée en piliers[3] ».

Ces quelques morceaux — sans parler des croquis « d'esthétique urbaine » — caractérisent et posent bien le *paysage géographique*. Tout paysage, à vrai dire, devrait mériter cette épithète. Mais ce serait un piquant problème littéraire de définir l'*écriture*, dans le genre descriptif, du romancier ou du poète, voire même du peintre-écrivain à la Fromentin, au regard de la manière du géographe. Ceux-là cherchent à attraper des effets, des états d'âme, qui sont des instantanés. Le géographe scrute les traits permanents et profonds, interprète l'image que les combinaisons de matériaux et d'éléments divers ont fixée : c'est un travail de composition. Il dispose d'une nomenclature plus riche et plus topique, d'un vocabulaire de cru et de terroir, par où le peuple, fin observateur, rend la figure, la couleur et jusqu'au son des choses. Ces termes que fournit la légende territoriale et géologique, M. Vidal de La Blache les enchâsse avec un art discret, sûr et dans sa langue d'une pureté classique, et c'est pourquoi son œuvre fait honneur, non seulement à la Géographie, mais aussi à la Littérature française.

Bertrand Auerbach,
Professeur de Géographie
à l'Université de Nancy.

[1] Tableau, p. 151.
[2] Tableau, p. 89.

[1] Tableau, p. 106-7.
[2] Tableau, p. 236.
[3] Tableau, p. 348.

L'ÉTAT ACTUEL

DES THÉORIES SUR LA NATURE DES ÉMOTIONS

Il serait aisé de vérifier par toute l'histoire de la Médecine que les médecins sont à l'ordinaire des assembleurs de faits, non des inventeurs d'idées. Comme ils ont besoin de ces idées pour résumer ces faits, ils les ont de tout temps empruntées à la philosophie en vogue. Ils ont été mécanistes, vitalistes, empiristes, sensualistes, idéologues; les voilà maintenant psychologues, et il faut leur rendre cette justice qu'ils n'ont jamais eu l'imprudence de créer eux-mêmes un mouvement d'opinion. Ils suivent d'assez loin et consacrent tardivement la fortune d'hypothèses qui viennent d'ailleurs, d'où il apparaît que, sur une question donnée, l'autorité médicale ne doit pas nous éblouir.

Pour le moment, il n'y a pas de problème psychologique qui paraisse passionner davantage ces médecins philosophes que celle de la nature de l'émotion. En dehors de M. Ribot[1], dont le très beau livre témoigne d'un esprit critique assez rare dans les Laboratoires et les Cliniques, tous les observateurs qui ont traité ce sujet sont des docteurs en Médecine ou des expérimentateurs à prétentions du même ordre. En France, en Italie ou en Belgique, toutes les études et toutes les expériences de ces dernières années ont été uniquement inspirées par le désir de vérifier, de contrôler et de compléter l'hypothèse d'un psychologue[2] sur la nature périphérique de l'émotion. M. Pierre Janet, lui-même, si souple pourtant et si libre dans la recherche des faits, a commencé par être à demi partisan de cette hypothèse, et c'est enfin dans son tout dernier ouvrage[3] qu'il s'en écarte décidément. Nous aurons une même réserve à faire pour M. Dumas. Quel est donc, au juste, le point où nous en sommes?

L'émotion est, sans contredit, un fait psychophysiologique : « Une frayeur intense, dit Spencer, s'exprime par des cris, des efforts pour se cacher ou s'échapper, par des palpitations et du tremblement ». Les médecins du XVIIIe siècle, les artistes du XVIIe, les physiognomonistes et les moralistes de tous les temps ont noté et étudié, chacun à son point de vue, ces manifestations corporelles de l'émotion. Celle-ci présente un triple aspect : je vois un pistolet braqué sur moi, et je me représente le danger que je cours, élément intellectuel; je pâlis et je tremble, élément somatique; j'ai le sentiment confus de pâlir et de trembler, élément cœnesthésique. Voilà le fait. Quel est le problème? Déterminer le rapport des trois termes dans la composition de la résultante, le sentiment que j'ai d'être ému.

Sans doute, on pourrait concevoir que l'émotion entière se réduit à la représentation; mais cette explication toute intellectualiste néglige une partie trop considérable du fait, et les innombrables observateurs de l'émotion se sont surtout efforcés d'en décrire les effets organiques : mouvements, gestes, cris, troubles respiratoires, circulatoires, viscéraux, maladies nerveuses, folie. Il n'existe donc guère, en définitive, qu'une conception historique de l'émotion, et cette conception est physiologique. Dans la tristesse, remarque admirablement Descartes, les extrémités se refroidissent; dans la tristesse, affirme Lange, il y a vaso-constriction. C'est le même fait, exprimé dans le langage différent de deux époques scientifiques. Toute théorie de l'émotion n'est qu'une manière de concevoir la relation de l'émotion avec ses manifestations somatiques. Et il est prodigieux de voir combien fidèlement et docilement la Physiologie se modèle ici sur la Psychologie. Dans la passion ou dans l'émotion, il y a pour la conscience l'élément représentatif, l'idée qui nous fait peur, et l'élément émotionnel proprement dit, le malaise et le trouble de la crainte. En conséquence, la Physiologie reconnaîtra une dualité analogue dans le phénomène corporel : un élément central, localisé dans le cerveau, et un élément périphérique, composé de tous les changements survenus dans l'organisme. Telle fut la conception traditionnelle des médecins et des philosophes, depuis Descartes jusqu'à Bichat et à Claude Bernard. Seulement, ce second ordre de phénomènes corporels, les changements périphériques, circulation ou respiration, est infiniment plus aisé à observer que les phénomènes de la première sorte, les modifications cérébrales. L'esprit obéit instinctivement à la loi de la plus grande clarté; par une nécessité logique, les observateurs ont été poussés, d'abord, à faire de plus en plus grande dans l'émotion la part des phénomènes corporels, et, ensuite, à estimer de plus en plus important, parmi ces phénomènes corporels généraux, le rôle des modifications périphériques, jusqu'à ce que la Psychologie actuelle en soit arrivée, à la suite de Lange[4], à absorber l'émotion tout entière

[1] RIBOT : *Psychologie des sentiments.*
[2] W. JAMES : *La Théorie de l'Émotion.* Trad. Dumas. Alcan.
[3] *Les Obsessions et la Psychasthénie.*
[4] LANGE : *Les Émotions.* Trad. Dumas. Alcan.

dans un de ses éléments, sans doute secondaires, comme les actions vaso-motrices.

En d'autres termes, l'émotion est un fait essentiellement *dramatique* et contagieux. Elle offre un très grand intérêt esthétique et social. On l'a beaucoup étudiée à ce double point de vue, et James lui-même reconnaît tout ce qu'il doit à ces travaux sur l'*expression des émotions*. Or, les symptômes du fait émotif une fois analysés, il ne restait plus qu'à prendre ces symptomes du fait pour ses éléments mêmes. La partie devenait le tout et l'émotion s'en trouvait, pour ainsi dire, extériorisée. L'hypothèse actuelle est donc la conséquence et le terme nécessaire d'un long développement historique que nous nous proposons d'étudier ailleurs; nous avons seulement voulu ici, en y faisant allusion, fixer la véritable originalité de l'hypothèse nouvelle. Cette originalité n'est pas très grande.

I

La théorie se présente sous un double aspect : elle est l'affirmation d'un principe périphérique; elle en est une application et une détermination circulatoire. Le premier aspect est commun à James et à Lange. Le second est propre à Lange.

En principe, on dit : « Les changements corporels qui suivent immédiatement une perception et notre conscience de ces changements, en tant qu'ils se produisent, c'est l'émotion ». (James.) En d'autres termes, voici comment on se représentait autrefois la succession des phénomènes : perception ou image, émotion, changements organiques. Voici comment il faut la concevoir aujourd'hui : Perception ou image, changements organiques, émotion. (Lange.) Je ne pleure pas parce que je suis triste; je ne me sauve pas parce que j'ai peur. Mais, par une réaction spontanée de mon organisme, les larmes coulent de mes yeux; par un mécanisme involontaire, le geste de la fuite se déclanche à la vue d'un pistolet, et je suis triste parce que je pleure et j'ai peur parce que je fuis. La preuve que les conditions de l'émotion sont bien ce que l'on prenait autrefois pour ses effets, c'est que la joie produite par le vin et la joie causée par une bonne nouvelle se manifestent de même. (Lange.)

Reste à déterminer la hiérarchie et la liaison de ces différents phénomènes vasculaires, respiratoires, musculaires. Quel est celui qui, surgissant le premier, entraine l'apparition des autres? C'est à quoi le Dr Lange a essayé de répondre par sa théorie *vaso-motrice*. En considérant des émotions très générales, comme la joie ou la tristesse, et très violentes, comme la colère ou la peur, il a cru pouvoir établir deux faits : 1° Le changement de la circulation détermine toutes les autres modifications somatiques et psychologiques; si le joyeux a des gestes exubérants et des idées abondantes, tandis que le triste a des mouvements affaiblis et des idées rares, c'est que le sang circule abondamment dans les muscles et dans le cerveau de l'un, tandis qu'il se trouve raréfié dans les muscles et le cerveau de l'autre; 2° la cause de cette modification circulatoire est périphérique et réside dans l'action *vaso-motrice*. Cl. Bernard avait signalé, avec une force et une précision singulières, le rôle du cœur dans la genèse émotive. C'était là un mécanisme central, et, comme, dans la circulation, il était possible de faire intervenir par les nerfs *vaso-moteurs* un facteur périphérique, on devait nécessairement aboutir à ne tenir compte que de ce dernier.

Ces idées, vieilles de bientôt vingt ans, sont à peu près tombées dans la banalité, et il n'est pas difficile de comprendre les raisons de leur extraordinaire fortune. L'hypothèse[1] de James, au fond, est une idée toute théorique, presque métaphysique, reposant sur l'un des principaux besoins de l'esprit, celui de l'unité. Descartes a senti le premier cette nécessité de réduire à l'unité tous les phénomènes de la sensibilité, c'est-à-dire d'assimiler précisément les émotions à des sensations. Dans les *Principes*, il admet l'existence de sept sens; les cinq externes et deux *internes*. « Le premier sens, que je nomme intérieur, dit-il, comprend la faim et la soif et tous les autres appétits naturels. Le second comprend la joie, la tristesse, l'amour, la colère et toutes les autres passions, et il dépend principalement d'un petit nerf qui va vers le cœur et puis aussi de ceux du diaphragme et des autres parties intérieures ». Hormis un semblant de précision, nous ne voyons guère de différence entre ce texte et ceux d'aujourd'hui. C'est toujours le même souci de réduire le composé au simple. Le plaisir et la douleur physique, les sensations des sens étant d'origine périphérique, il est impossible d'admettre qu'un autre phénomène de sensibilité se comporte différemment.

En second lieu, les plus scrupuleux observateurs de la sensibilité, comme M. Ribot, ne dissimulent pas qu'elle nous est à peu près inconnue. Rien n'est difficile à concevoir comme une émotion, un sentiment, dont la caractéristique est d'échapper à toute détermination intellectuelle. La Psychologie de la sensibilité, comme toute science qui commence, cherche donc en dehors d'elle-même son langage et ses symboles. D'une manière plus générale, le fait de conscience, par sa com-

[1] Il ne l'a jamais présentée sous une forme systématique, mais seulement dans des articles et des réponses. Cf. Intr. Dumas.

plexité et son caractère uniquement temporel, fait violence à toutes nos habitudes de pensée rigoureuse. A beaucoup d'esprits, il paraît vide de contenu. Pour être noté, retenu, transmis scientifiquement, il a besoin d'une caractéristique, d'un schème objectif. Insaisissable par lui-même, il nous faut le fixer dans le cerveau, le concrétiser dans le corps. Aussi quelle bonne fortune qu'une théorie comme celle de James ou de Lange! C'est la réalisation même, semble-t-il, de l'idéal scientifique dans un domaine inespéré, un vaste champ ouvert à l'expérimentation. L'hypothèse est née du besoin spéculatif de l'unité et elle s'est vulgarisée par l'attrait pratique des observations faciles. Celles-ci se sont multipliées avec une activité surprenante : A quoi ont-elles abouti?

II

On a tenté dans toutes les voies cette vérification expérimentale. La plus simple et la plus précise était la vivisection. Un physiologiste pur, M. Sherrington[1], a opéré sur de jeunes chiens. Voici un Fox-Terrier femelle, remarquable par ses émotions de rage. On lui fait une section de la moelle cervicale à la partie inférieure. L'animal devient insensible d'à peu près tout le corps, hormis la tête et un côté de l'épaule; sa voix a faibli légèrement : de ce fait, une grande partie des conditions périphériques de l'émotion se trouvent supprimées et les émotions de ce chien restent pourtant tout aussi visibles en présence d'un chat. Quatre mois après, on sectionne les vagues dans le cou. On sait toute l'étendue du réseau de sensibilité viscérale que dessert cette paire. On a fait un grand pas de plus dans l'isolement de l'appareil central et l'animal n'en continue pas moins de manifester sa colère, sa frayeur, son dégoût pour la viande de chien? Objectera-t-on à l'auteur, comme on l'a fait, qu'il ne peut parvenir à éliminer ainsi toute sensibilité de l'organisme et que ce reliquat suffit à expliquer la persistance de quelque émotivité? Il n'en subsiste pas moins une présomption très défavorable, puisqu'en vertu du principe des variations concomitantes, on devrait saisir ici une diminution de l'émotivité parallèlement à la diminution de la sensibilité périphérique générale.

Il est un autre moyen expérimental d'une grande séduction pour les médecins, la suggestion hypnotique. Ils devaient s'aviser de la mettre à profit pour faire varier chez un sujet les conditions de la sensibilité et, par là même, de son émotivité. Le Dr Solier a institué ce mode d'expérimentation avec une simplicité touchante[1]. Il endort une hystérique et il lui dit : « Je t'enlève ta sensibilité viscérale!... Ton père est mort! — Cela m'est égal, répond le sujet avec une impassibilité parfaite. — Je te rends ta sensibilité viscérale!... Ton père est mort! — Hélas! Hélas! » répond lamentablement le sujet. Il nous a semblé que c'était là une des plus jolies curiosités scientifiques que l'on puisse imaginer et qu'elle méritait d'être mentionnée comme un exemple pittoresque du danger que peut faire courir aux meilleurs esprits la manie de l'expérimentation.

D'après le postulat vaso-moteur[2], l'émotion dépendrait de l'anémie ou de l'hyperhémie des différents tissus, notamment de l'état de la substance cérébrale (pénurie ou abondance d'images) et du tissu musculaire (diminution ou augmentation de l'innervation volontaire). Or, deux faits importants ont été mis en lumière. Toute excitation, *agréable* ou *pénible*, commence par déterminer une accélération de la circulation, par produire un effet tonique (Binet et Courtier) : que devient alors l'explication par anémie? En second lieu, la tristesse et la joie morbides se présentent sous deux modes distincts (Dumas)[3]; elles sont actives ou passives, selon qu'elles sont d'origine périphérique ou d'origine centrale. A supposer que le mode passif puisse s'expliquer avec Lange par la circulation périphérique, le mode actif suppose une influence cardiaque.

Ainsi, conçue dans sa généralité, la théorie est invérifiable expérimentalement; sous sa forme vasomotrice, elle est fausse. Ses plus ingénieux partisans[4] ne peuvent la maintenir telle quelle: il faut au moins tenir compte des lois de Marey et re-

[1] SHERRINGTON : *Expériences sur la valeur des facteurs vasculaire et viscéral pour la genèse des émotions.*

[1] SOLIER : Recherches sur les rapports de la sensibilité et de l'emotion. *Rev. phil.*, 1894.

[2] Dans les expériences toutes faites que constituent les cas de perte de substance du crâne, Mosso a observé des particularites de la température cérébrale dont les défenseurs de la thèse ont tenté de faire un argument en sa faveur (Sergi). La température du cerveau s'abaisse pendant le travail intellectuel; elle s'élève pendant une émotion. N'est-ce pas que, dans le premier cas, la chaleur est absorbée par le cerveau qui la transforme en énergie psychique, tandis que, dans le second, le cerveau ne prenant pas part à l'émotion, cette chaleur reste disponible? Cette interprétation ne nous semble pas non plus dénuée de fantaisie ni d'ingéniosité. Pour bien des raisons, en effet, il ne peut y avoir « de commune mesure entre la chaleur et l'activité psychique ». (Morat et Doyon.) Les variations de température ainsi observées résultent de l'activité *totale* de la région explorée thermométriquement. Cette exploration ne peut être circonscrite à un point quelconque de la surface cérébrale. De plus, dans les cas où le cerveau se trouve mis à découvert, on ne voit pas que la température, d'une manière générale, varie avec la veille ou le sommeil ou avec l'activité intellectuelle, ou, du moins, s'il se fait des oscillations, « elles se font sans concordance nécessaire avec les variations de l'activité psychique ».

[3] La tristesse et la joie.

[4] DUMAS : *Ouv. cité*. — BIERVLIET : *Causerie psychologique*. M. ARRÉAT avait aussi indiqué une solution analogue.

joindre par là la tradition de Cl. Bernard. Physiologiquement, en effet, il est inadmissible que ce soit la vaso-motricité du cerveau qui détermine son activité. Sans doute, le cerveau est soumis comme tout organe à l'influence de la circulation; privé de sang, il suspend ses fonctions; mais, comme tout organe, il possède aussi des moyens de proportionner la circulation à ses besoins. De la surface de ses artères, des nerfs sensitifs se dirigent vers la moelle épinière et allongée, aux centres vaso-moteurs. Ces centres réfléchissent l'excitation qui revient aux artères par un double système de nerfs dilatateurs et constricteurs contenus dans le grand sympathique. Donc, « comme celle de tout organe, l'activité du cerveau règle, par ce mécanisme de l'ordre réflexe et inconscient, l'activité de sa propre circulation, bien loin que ce soit celle-ci qui règle la sienne propre[1] ». Le cerveau a aussi le pouvoir d'agir sur les centres bulbo-médullaires et, par là, sur l'activité des autres organes. « Les excitations, en temps ordinaire ordonnées, qui descendent du cerveau sur les centres, prennent, dans les émotions vives, une intensité exceptionnelle et traduisent ces émotions mêmes par le désordre temporaire de ces activités. Tel est l'enchaînement des phénomènes. »

III

Les Anciens appelaient les passions « des maladies de l'âme ». Ils les concevaient ainsi par opposition à la raison et par rapport à la moralité. La Psychologie actuelle peut reprendre l'opinion des Sages en un sens plus précis, par rapport, non plus à la vertu, mais à la santé. James, le premier, a senti l'impossibilité de vérifier par des expériences son hypothèse. Le fait décisif serait fourni, suppose-t-il, par un sujet complètement anesthésique chez lequel toute émotion, théoriquement, devrait disparaître. Or, la Psychologie des maladies nerveuses, très développée depuis l'apparition de l'article du « *Mind* », ne peut-elle pas précisément fournir des cas d'anesthésie? James l'a cru, puisque, dès qu'il a eu connaissance des études de ce genre, il s'est préoccupé d'en dégager un argument nouveau en faveur de son opinion.

La légitimité de cette étude de l'émotion par la pathologie nerveuse n'est pas à démontrer. Toute la littérature passionnelle ou aliéniste de l'histoire en est l'attestation. La névrose, sous quelque forme que ce soit, est essentiellement une « maladie psychique », c'est-à-dire une maladie à manifestations psychologiques et à laquelle nous ne pouvons encore assigner de lésion organique correspondante. Or, une émotion est justement une crise psycho-physiologique pour laquelle nous ne voyons encore pas de raison ou de siège corporels précis. De là l'importance d'une théorie émotive aux yeux des médecins psychologues. Pour eux, l'émotion devient bien souvent autonome, « comme conscience des variations neuro-vasculaires ». Ils la mettent en avant dans certaines affections mentales, qui ne sont que des « maladies de l'émotivité », comme les névroses angoissantes de Freud, les psychoses angoissantes de Wernicke. Dans toutes les variétés de l'hystérie, ce que les auteurs, Charcot, Moebius, Strumpell, Berheim, Janet, entendent par une idée fixe, c'est une préoccupation, une émotion, une angoisse. Il s'agit « d'une émotion figée, d'une émotion complexe, qui se reproduit toujours la même » (Janet). C'est « un délire émotif ». Et l'accident originel se rattache à l'état chronique « par cet ensemble de lois psychologiques et physiologiques qui règlent le développement et la manifestation des émotions ».

La question est donc bien clairement posée par la pathologie nerveuse. Pouvons-nous y découvrir quelques faits concluants?

MM. Pitres et Fégis ont fait sur l'*éreutophobie*[1], — ou peur de rougir, — une étude des plus curieuses et des plus précises. Il leur a semblé que la maladie de la rougeur, par son caractère vasomoteur, était « un terrain de choix pour l'étude des rapports de l'idée fixe avec l'émotion ». Ils admettent, en principe, la conception de Lange. Chez les sujets, la genèse du phénomène est la suivante : phénomène vaso-moteur (rougeur), phénomène émotif (confusion), phénomène intellectuel (idée fixe). A ces trois moments du processus correspondent précisément trois degrés dans la gravité de la maladie. Seulement, dans la maladie grave, les choses sont plus compliquées, et, sans rejeter l'opinion de Lange, il faut tout de même supposer que c'est l'idée fixe qui devient la cause de la crise, car « bien avant l'empourprement du visage, l'obsédé est ému, angoissé ». « Je vais rougir! » pensent tous les sujets. « Supprimez la pensée, dit l'un d'eux, et la rougeur cessera »! Nous sommes maintenant en présence d'un état complexe : est-ce une « idée-émotion » ou « une émotion-idée »? Certes, les auteurs restent fidèles au point de vue périphériste. Ils ne veulent voir dans cette idée qu'une sorte de résidu émotif, une crainte, « une hypermnésie de la mémoire affective ». Ils notent que l'action atmosphérique est considérable; le froid, par exemple, empêche la rougeur, et ils concluent : « C'est une preuve péremptoire que l'idée ne suffit pas à créer

[1] Morat et Doyon : *Ouv. cité*.

[1] *Archiv. de Neurol.*, 1897. Cf. aussi : *Les Obsessions et les Impulsions*.

la crise émotive et que, comme le soutient Lange, c'est le phénomène vaso-moteur, soumis à des actions aussi bien extérieures qu'intérieures, qui est le principe et le fondement du processus émotif ». Cette interprétation d'un fait très bien observé a soulevé beaucoup de critiques et il ne nous semble pas, en effet, qu'elle soit exacte. S'il est vrai que le froid, — sensation cœnesthésique, — fait obstacle à la crise, Bechterew[1] a fait remarquer qu'il en était de même de l'obscurité, laquelle se rattache à une sensation sensorielle, dénuée par elle-même de tout élément affectif. Ce ne serait donc pas seulement à l'état grave de la maladie, comme le croit M. Pitres, que l'idée provoquerait directement l'état émotif, mais à toutes les périodes de l'éreutophobie, et même dans la crainte normale de rougir, laquelle constitue un des éléments principaux de la timidité. Il est bien rare, en effet, que cette obsession ne soit pas accompagnée de troubles de la volonté, c'est-à-dire de perturbations beaucoup plus profondes des fonctions psychologiques essentielles. Dans ses dernières études sur la « *psychasthénie* », le Dr Janet note qu'une timidité bizarre, excessive, se développe de plus en plus au début de la maladie. Cette timidité s'accompagne d'idées d'humilité. « Je ne suis pas comme les autres; je suis laide, je suis un monstre, tout le monde se retourne quand je passe! » N'est-ce pas une genèse analogue qu'il faut supposer dans cette obsession plus circonscrite de la rougeur?

Nous avons déjà fait allusion au travail considérable de M. Dumas, — le traducteur de Lange et de James, — sur *la Joie et la Tristesse*. Ses conclusions ont un grand mérite scientifique, car elles ne sont pas ambitieuses, et elles portent sur des phénomènes très peu spécialisés, qui sont à peine des émotions, et sur lesquels les périphéristes ont cru particulièrement triompher. Historiquement, M. Dumas conclut par ce qui a été le point de départ de notre exposé, à savoir la nécessité de distinguer la thèse physiologique de James et la thèse vasomotrice de Lange. La seconde, dont il fut d'abord partisan, lui paraît trop spéciale définitivement et la première est insuffisamment poussée. Par sa distinction très nouvelle entre le mode actif et le mode passif de la joie et de la tristesse, il a été amené à constater que, dans le mode actif s'ajoutait, aux altérations de la cœnesthésie, une excitation douloureuse ou agréable. Il y a donc bien là un élément moral de souffrance ou de plaisir qui n'est pas directement réductible à la conscience des états de l'organisme, laquelle conscience ne peut expliquer, conformément au principe de James, que les états passifs. Et il n'est pas sans intérêt de recueillir de ce médecin vraiment philosophe l'aveu d'une difficulté que méconnaît l'ingénuité de tant d'autres. « Le plaisir et la douleur morale, dit-il, restent des sentiments *sui generis*, des phénomènes élémentaires qui tiennent sans doute *à un état particulier des centres nerveux*, *à des états cellulaires précis*, mais nous ne sommes guère renseignés sur cet état physiologique de la cellule. »

Ainsi, l'observation pathologique, même dans des cas très simples, comme la maladie de la rougeur, ne donne aucun argument décisif en faveur de la thèse. Dans des cas très généraux, comme la tristesse et la joie morbides, elle donne des résultats défavorables. Que sera-ce dans les maladies psychiques[1] proprement dites, comme l'hystérie et la psychasthénie?

Le succès de la théorie périphérique battait son plein au moment où commençaient justement de s'analyser et de se préciser certains des faits d'ordre névropathique qui semblent le plus naturellement en rapport avec l'émotion. « Dans la *catalepsie vraie*, dit Charcot, il y a inertie morale absolue. » Or, rien n'est plus fréquent dans la catalepsie que les poses passionnelles. Dans la catalepsie artificielle, l'origine de ces mouvements et attitudes est toujours à l'extérieur; elle est imposée au sujet du dehors. « Pour passer d'une attitude à

[1] *Neurol. Centralbl.*, 1896.

[1] Il est bien évident que cette expression de « maladies psychologiques ou psychiques » ne doit égarer personne. Nous n'entendons pas par là qu'il existerait des maladies de la conscience toute seule, conçue comme indépendante des fonctions nerveuses. Si, dans la neurasthénie (M. DE FLEURY : Pathogénie de l'Epuisement nerveux. *Rev. de Méd.* 1896), nous devenons timides, hésitants, il s'ensuit nécessairement, — par cause ou par effet, peu importe ici, — un épuisement nerveux, une modification de l'état du cerveau. Seulement, nous ne sommes pas actuellement en mesure de nous représenter positivement ces changements et altérations nerveuses, et, quand nous parlons d'une maladie psychologique, nous voulons seulement désigner par là une maladie nerveuse qu'il faut étudier, faute de mieux, par ses caractères psychologiques. N'est-ce pas marquer par avance l'incertitude de toutes les interprétations théoriques qui pourront être faites dans cette voie et même la simple difficulté de saisir les faits? L'état moral des neurasthéniques est très directement influencé par l'action physique, transfusion d'eau salée hypodermique, douches, bains salés, massage, étincelle statique. La tonicité normale peut être ramenée ainsi. Le Dr Maurice de Fleury en conclut qu'elle a besoin d'être entretenue par une foule de sensations centripètes que nous ne sentons pas à l'état normal. De même, le massage résout une contracture hystérique. Quelle est la filiation des choses? Faut-il supprimer tout intermédiaire conscient ou, au contraire, supposer que le massage a eu simplement pour effet de reveiller l'attention de la conscience obscurcie ou rétrécie du malade et de lui rendre, pour ainsi dire, la propriété momentanée de son membre aliéné et comme oublié? Toute action physique, qui modifie l'état de conscience, commencerait ainsi par traverser rapidement, sous une forme ou sous une autre, cette conscience, ce que le langage approximatif de la Physiologie exprimerait en le rapportant à un mécanisme central.

une autre, observe M. Janet[1], il suffit de modifier légèrement un des gestes du corps. » Cette généralisation expressive est des plus frappantes : par suite des habitudes ou des associations anciennes, l'organisme, sur un signe, pour ainsi dire, réalise spontanément une attitude émotive complète. Nous trouvons donc là, *en dehors de l'émotion elle-même,* ce qui nous est donné comme son élément essentiel, à savoir, tout un organisme périphérique.

Suppose-t-on que l'attitude donnée, telle que celle de tendre le poing ou d'envoyer un baiser, produit *réellement* chez le sujet le sentiment de la haine ou de la tendresse, il n'y a pas davantage de difficulté. Nous ne refusons pas de reconnaître dans les associations psycho-dynamiques la complète reversibilité de leurs termes. On pourrait sans doute soutenir que le geste a évoqué une image et l'image le sentiment; mais je ne vois pas d'obstacle à ce que l'attitude suscite directement et d'elle-même l'état affectif comme la syllabe d'un mot représente le mot tout entier pour des yeux qui savent lire. En ce qui concerne les *mouvements*, la théorie peut *finir* par devenir vraie. Mais, outre que c'est la restreindre beaucoup, en a-t-il toujours été ainsi? Est-ce une liaison primitive ou acquise? Il faudrait vérifier sur l'enfant si de tels gestes, avant d'avoir revêtu par l'expérience et l'habitude leur signification affective, sont capables dès le principe de créer les sentiments qui leur seront rattachés dans la suite.

Bien plus, le même fait de l'attitude passionnelle s'observe dans la crise d'hystérie. Mais ici la pose ne vient plus du dehors, mécaniquement; elle vient du dedans, dynamiquement, psychologiquement; elle a pour cause les souvenirs du malade. Or, quelque circonscrite que soit souvent l'émotivité des hystériques, elle n'est pas nulle comme intensité. Quelle différence pouvons-nous donc saisir entre ces deux cas, la pose catalepsique et la pose hystérique, sinon celle de leur mécanisme central qui nous est inconnu? Tous les phénomènes de cet ordre, qui vont s'accumulant de jour en jour, nous éloignent infiniment de la périphérie. Pour certains auteurs, les paralysies elles-mêmes dépendraient des idées. Mœbius et Strumpell ont été jusqu'à déclarer que l'on peut considérer comme hystériques toutes les modifications maladives du corps qui sont causées par des représentations, « *durch Vorstellungen* ». Selon M. Pierre Janet, les sommeils, les attaques, les somnambulismes sont des rêveries qui renouvellent dans l'esprit des malades, avec une netteté extraordinaire, l'événement qui les a frappés. L'effet peut ne se produire que des années après, et il faut bien alors supposer une idée fixe subconsciente qui s'est développée en agissant sur le cerveau.

Certes, nous ne demandons pas mieux que de reconnaître la difficulté d'interpréter ces faits. Nous les avons longuement étudiés et nous voulons seulement constater ici qu'aucun d'eux ne semble avoir justifié la première espérance de James, qui s'était attendu à trouver en eux une confirmation de son hypothèse. L'expérience pathologique n'a pas été plus fructueuse que l'expérimentation proprement dite. C'est que la constatation d'un fait n'a de signification que si les circonstances de son apparition sont exactement notées. Peuvent-elles l'être dans le cas qui nous occupe? Je trouve à cet égard, chez des opérateurs consciencieux et sincères, MM. Angell et Mc Lennan, un aveu bien découragé. Ils ne faisaient appel qu'à des excitations très simples, comme des odeurs ou des bruits, et ils n'ont pu s'empêcher de constater — idée bien élémentaire, à vrai dire, et qui ne semblait pas avoir besoin d'une démonstration de fait — que l'effet organique d'un excitant ne dépend pas seulement de cet excitant, mais encore et surtout des dispositions actuelles, aussi bien morales que physiques, du sujet. Et cet état complexe, dont la détermination exacte est la condition *sine qua non* de l'expérience, est pratiquement impossible. Même en mettant les choses au mieux, en supposant parfaite une technique encore dans l'enfance, on n'en serait pas plus avancé pour l'explication du phénomène complet de l'émotion, puisqu'il comprend un grand nombre de facteurs également périphériques et que la question serait alors d'en déterminer l'ordre et l'importance.

Et c'est par là qu'éclate la supériorité de James sur Lange, sur Sergi, sur tous ceux qui, pour progresser dans la même voie, ont été obligés de préciser le point de vue. James a eu la prudence de n'entrer dans aucun détail. Il s'est appuyé sur un postulat tellement vague qu'il est à peine contestable, à savoir, l'identité fondamentale de l'émotion et de l'instinct; il rapproche de la réaction instinctive l'expression émotive. Chaque objet qui excite un instinct excite aussi bien une émotion. Il n'y a, pour ainsi parler, qu'une différence de rayonnement : la réaction émotive ne dépasse pas le corps du sujet, tandis que celle de l'instinct va plus loin et agit pratiquement sur l'objet qui l'excite. James s'en est tenu, en quelque sorte, à la métaphysique de la théorie périphérique. Il a même reculé devant les sentiments esthétiques et, d'une manière générale, devant les émotions d'ordre intellectuel. N'est-ce pas parce que, en psychologue supérieur, il a senti que l'hypothèse ne pouvait se défendre qu'à la condition de rester dans les généralités et de ne pas s'aventurer dans l'analyse

[1] Janet : Névroses et idées fixes.

du processus physiologique qu'il prenait globalement[1] ?

La vérité est donc que la théorie périphérique ne va guère au fond des choses. Sous couleur d'objectivité scientifique, elle n'a considéré que le côté le plus extérieur, le plus grossier, « *coarser* », du phénomène. Elle se reconnaît elle-même impuissante, par là même, en présence des émotions supérieures, sans manifestations violentes (James), et elle ne se fonde que sur des états très généraux, joie, tristesse, colère, peur (Lange), ou même sur la joie et la tristesse toutes seules (Dumas). A mesure que l'observation se précise, elle se rétrécit. Tous ses progrès théoriques s'accompagnent d'un recul dans le domaine des faits. Elle n'est plus une explication de l'émotion, mais seulement d'une certaine espèce de joie et de tristesse morbides.

C'est que, sans préciser le mécanisme des fonctions cérébrales, ce qui est à peu près impossible actuellement, on a fini par trop perdre de vue l'observation psychologique. Une sensation organique, la faim, la soif, une sensation sensorielle, la lumière, sont incontestablement le résultat d'une action périphérique, et c'est cette action qui les spécifie, qui en fait les sensations qu'elles sont. Mais, en outre, elles entrent dans un système organisé. M. James lui-même a contribué pour une large part à répandre cette idée de la mutuelle pénétration de tous les éléments de la conscience. A chaque instant de son développement, elle est un ensemble en équilibre plus ou moins stable. L'histologie cérébrale, d'autre part, nous montre combien l'élément nerveux est ici peu différencié et nous porte à croire que la diversité des fonctions dépend simplement de systématisations dynamiques où entrent ces éléments. Il est dès lors évident que cette sensation nouvelle, qui apparaît dans cette conscience, que cette excitation surajoutée, qui rayonne dans ces groupements de neurones, n'existent pas par elles-mêmes, en tant que fait de conscience, en tant que stimulant cérébral. Elles se déterminent elles-mêmes en conséquence de l'état général actuel et de la manière dont elles le modifient. Elles se revêtent ainsi d'un caractère nouveau, d'une qualité *fonctionnelle*, sentimentale, de ce que Wundt a si bien appelé le ton de sentiment, *Gefühlston*, sorte de coefficient intérieur. Voilà, il ne faut pas l'oublier, le fait élémentaire. L'excitation et la sensation, à l'état brut, sont périphériques, si l'on veut. La tonicité physiologique de l'excitation, la tonalité psychologique de la sensation, sont d'origine centrale. Toute excitation est ainsi une sorte de *heurt* nerveux ; toute sensation est une *surprise* de conscience. Quel est le résultat, pour l'ensemble, de ce heurt et de cette surprise ? c'est précisément ce qu'exprime l'émotion à tous ses degrés, depuis l'émotion vitale comme la peur, jusqu'à l'émotion intellectuelle comme l'admiration, depuis l'*émotion-choc* jusqu'à l'*émotion-sentiment*, celle qui est un cataclysme et celle qui est une évolution. Si donc, de ce processus complexe, les changements respiratoires ou circulatoires sont les éléments essentiels et primitifs, on ne voit pas comment ces phénomènes absolument généraux parviendront à spécifier des émotions diverses et c'est tout au plus, en effet, si, avec eux, on tente de rendre compte de quelques états émotifs inférieurs et élémentaires, d'origine nettement cœnesthésique. Mais, l'émotion, en général, ne peut se comprendre que comme une synthèse. Sa diversité s'explique par la nature de cette synthèse et par la variété des éléments qui y entrent. Les changements périphériques, dont on a voulu faire la condition de l'émotion, n'en sont, au contraire, que des conséquences lointaines, accompagnant ses modes violents, parce qu'ils accompagnent toutes les modifications profondes de la vie générale, comme la fièvre accompagne la maladie. On a pris le fait le plus gros pour le plus important : c'est proprement ce que nous appelons une conception élémentaire.

Les émotions intéressent la vie profonde, c'est incontestable. C'est là leur marque propre, et le grand Bichat avait été beaucoup plus hardi et beaucoup plus conséquent qu'on ne l'est aujourd'hui en prétendant que les passions, étrangères à la vie animale, étaient uniquement dépendantes de la vie organique. Mais l'émotion intéresse la vie organique par voie réflexe indirectement, par suite des changements considérables qu'elle entraîne dans les fonctions centrales. S'il y a hyperhémie dans la joie, c'est qu'en conséquence de son activité nouvelle le cerveau, par l'entremise de ses nerfs vaso-moteurs, commande une plus forte ondée sanguine. Il y a donc à distinguer d'abord, dans le processus émotif, entre les phénomènes de la vie organique et ceux de la vie de relation. Les périphéristes considèrent que ce sont les premiers qui précèdent et déterminent les seconds et c'est ce qui nous a paru inadmissible en fait.

Est-ce à dire que la conséquence de tous ces travaux si ingénieux doive être un recul? Nous voilà, tout bonnement, retombés à la conception de Darwin et de tous ceux qui ont étudié « l'expression des émotions » comme une sorte de phénomène surajouté. Ce serait un recul, en effet, s'il nous était impossible de préciser ce point de vue. Il faut revenir à Darwin sans oublier James. L'expression des émotions est partie intégrante de

[1] N'est-ce pas aussi dans un esprit tout nouveau qu'il vient d'aborder l'étude du sentiment religieux ?

l'émotion, voilà ce que nous avons appris de nouveau. Mais ce qui est important pour constituer l'émotion, ce n'est pas l'élément de cette composition; c'est la composition elle-même, c'est la loi de cette synthèse. Comment se forme cette composition? comment dégager cette loi? Tel est, actuellement, le seul problème qui puisse être traité scientifiquement. Nous ne pouvons le résoudre ici; mais nous espérons le bien poser. Il est essentiellement génétique.

IV

Les manifestations les plus frappantes des émotions ne sont pas spéciales. Si nous considérons les modifications organiques, non seulement elles sont communes à beaucoup d'émotions, — on rougit de joie, et de colère, et de honte, — mais elles sont communes aux émotions et à toutes sortes de phénomènes vitaux : fièvre, colique, dispnée, etc. Elles ne peuvent donc par elles-mêmes constituer le caractère spécifique de l'émotion en général. Mais, en outre, les émotions les plus diverses, les émotions opposées, possèdent une mimique mal différenciée. Tous les observateurs attentifs l'ont noté depuis Darwin. « Nous voyons le choc des dents, dit Spencer, le renversement des traits, la contraction des poings, accompagner les douleurs corporelles aussi bien que la rage. Les cheveux se dressent dans la colère aussi bien que dans le désespoir. On danse de joie comme on piétine de colère; on ne peut pas plus rester en place dans la détresse morale que dans l'exaltation délicieuse. » Il y a lieu, en conséquence, de distinguer des mouvements généraux et des mouvements propres. Seulement, ces mouvements propres sont superficiels, circonscrits, aussi peu émotifs que possible, purement symptomatiques; dès qu'ils acquièrent quelque importance, ils tendent à se répéter, et engendrent des « tics » : ils finissent par rentrer dans la catégorie des mouvements généraux. Ainsi, parmi les émotions complètes qui possèdent leur système développé de manifestations, il n'en est aucune à qui appartienne en propre un changement organique déterminé, en sorte qu'il nous faut considérer comme extrêmement mobile, transposable, ce que, dans une émotion particulière donnée, on nous donne comme son essence et son fond. Rien n'est plus sensible, comme nous avons essayé de le montrer ailleurs[1], chez l'enfant.

Faisons un pas de plus et, par son expression, tâchons d'aller jusqu'à l'émotion elle-même : en variant et en suivant les conditions de la première, ne peut-on pas entrevoir la nature de l'émotion elle-même et ses propres variations? Vous ressentez à la tête une démangeaison ; vous vous grattez légèrement. C'est une sensation déterminant un réflexe élémentaire. Rien de plus simple. Vous êtes sur le point de prendre une résolution et vous hésitez; vous êtes en train de discuter chaleureusement et l'on vous adresse une question embarrassante; vous écrivez et vous cherchez un mot qui ne vient pas; vous éprouvez dans tous ces cas l'émotion légère qui accompagne l'indécision, l'embarras, et voici que vous vous grattez la tête de la même manière et au même endroit que si vous ressentiez votre démangeaison. Pourquoi cette similitude de gestes dans des états différents? Ressentirez-vous de l'indécision toutes les fois que vous vous gratterez la tête? Ce serait enfantin de le prétendre. Ce mouvement s'associe donc indifféremment à une excitation d'origine périphérique et à une excitation d'origine centrale. Dira-t-on, avec Wundt, que c'est en vertu d'une *analogie* de sensations? Certes, nous ne saurions trop louer ce principe excellent de l'association des sensations analogues. Il est juste, mais il est incomplet et très vague. Dans le cas présent, il peut parfaitement rendre compte de la *spécialisation* du processus qui a fait choisir ce geste pour l'indécision; mais ce qui est ici en question, c'est d'expliquer pourquoi un geste quelconque intervient, alors qu'il est parfaitement inutile?

Voici un timide[1] (la timidité et les timides ont été très étudiés, ces temps-ci); voici un timide qui entre dans un salon pour adresser quelques mots, qu'il a préparés d'avance, à la maîtresse de maison. Les mots ne sortent pas, ses lèvres tremblent, ses genoux fléchissent, ses mains s'embarrassent de mouvements déplacés; son visage s'empourpre. Cet accès d'intimidation s'accompagne de troubles fonctionnels très importants et qui ont été fort bien notés. Est-ce la conscience tardive de ces troubles qui constitue l'état d'intimidation? Cela est inadmissible chez un vrai timide, car le timide est intimidé bien avant d'avoir bredouillé ou rougi, de même que l'éreutophobe de M. Pitres était pris de sa crise maladive « bien avant l'empourprement du visage ». En conséquence, toutes ces manifestations périphériques ont un autre rôle que celui de composer l'émotion même dont elles dérivent.

Enfin, quelques exemples pathologiques achèveront de mettre en lumière l'idée à laquelle nous voulons arriver. On connaît ces malades atteints de la « névrose d'angoisse »; qu'ils en soient atteints sous une forme ou sous une autre, à un degré plus ou moins fort, tous ont de particulier que leur émotivité est devenue, pour ainsi dire, monocorde. C'est la même émotion qui se reproduit — comme,

[1] Sur le seuil de la vie affective. *Rev. Phil.*, 1903.

[1] Dugas : La timidité. — Hartenberg : Les timides et la timidité.

plus haut, le même geste — à propos de toute excitation, de toute idée. Ils sont en quelque sorte frappés d'une émotion générale et schématique, qui n'est plus ni la peur, ni le désir sexuel, ni quelque autre que ce soit, mais qui se réalise à la place et au moment de toutes ces émotions spéciales. Voici une observation bien curieuse : L... a été mordu, à l'âge de quinze ans, par un chien enragé et il ne peut plus avoir d'autre émotion que celle-ci. « Si j'embrasse une femme, dit-il, cela me donne uniquement mon émotion de chien enragé! Je ne peux plus être amoureux! » Il ressent alors tous les symptômes accoutumés de cette émotion, maux de tête spéciaux, tournoiement dans le ventre, secousses dans la jambe gauche, besoin de regarder, de toucher cette jambe pour voir « si un chien ne la lèche pas[1] » !

Nous saisissons là sur le vif et comme en raccourci un fait absolument normal sur lequel il est nécessaire d'insister. L'émotion tout entière, cette fois-ci — et non plus seulement un mouvement expressif— est un phénomène très mobile ; à l'état pathologique, elle se présente identique à elle-même dans des circonstances très diverses. Le malade atteint de névrose d'angoisse ne peut plus être amoureux. Qu'est-ce à dire, sinon que l'ensemble des fonctions organiques, des gestes et des mouvements dont se compose l'acte génital ne peut plus se réaliser chez lui? Cette excitation impuissante se canalise alors, se dérive de la manière qui lui est le plus facile, par les voies les plus ordinaires. L'angoisse se substitue ainsi à tout ce qui devrait être et qui n'est pas. Elle est un phénomène de remplacement et il n'en est pas autrement dans la crise de l'intimidé. En temps ordinaire, il devrait accomplir certains actes précis, concevoir certaines idées claires, prononcer certains mots appropriés. Par suite du trouble de ses facultés, tous ces phénomènes ne peuvent suivre leur cours. Ils manquent. Les signes de l'émotion ne sont ainsi que les substituts de ces actes absents. Lorsque j'hésite, j'ai à choisir entre la représentation de deux actes à accomplir. Je devrais agir et je reste immobile. L'acte irréalisé se trouve suppléé par le mouvement le plus aisé, se gratter la tête ou se friser la moustache.

D'après l'observation objective, et en dehors de toute hypothèse, nous arrivons donc à cette constatation très claire : Nous observons des signes d'émotion toutes les fois *qu'un acte ou une série d'actes qui devraient, en réponse à une perception ou à une idée, s'accomplir avec précision, ne s'accomplissent pas de cette manière et sont suppléés par des mouvements plus faciles, empruntés à la vie organique ou à l'automatisme acquis.*

Cette remarque, qui nous semble à peu près évidente pour les émotions déprimantes comme la peur, s'applique aussi facilement aux émotions stimulantes. Je reçois un soufflet; je *devrais* me jeter sur mon adversaire et le déchirer. Je me contiens. Les actes naturels font défaut et ils se trouvent suppléés par tous les mouvements et changements qui constituent la mimique de la colère. On m'annonce que je viens de gagner un gros lot. Je *devrais* immédiatement en faire usage, payer mes dettes, acheter des chevaux, entreprendre un voyage. Toutes ces réalisations sont actuellement impossibles. Il est nécessaire que les tendances qui leur correspondent se résorbent en quelque sorte dans un mécanisme instantané. Il arrive que cette excitation positive soit trop forte pour être ainsi transformée et c'est pourquoi on défaille et meurt de joie.

Nous comprenons par là le fait que l'étude de l'animal et de l'enfant met en relief, à savoir la diversité de l'aspect émotif. Bien loin de dépendre, comme on l'a cru, d'un mécanisme primitif qui en ferait un événement global et immobile, l'émotion se développe en fonction d'une foule de facteurs, tels que la volonté, l'habitude, l'intelligence, d'où il apparaît qu'elle est, dans l'individu, un phénomène essentiellement évolutif, — et aussi d'après les circonstances extérieures, le milieu, et par là l'émotion présente encore un caractère social de la plus haute importance, que l'on a méconnu. On devine, du reste, l'utilité qu'il y aurait à étudier cette évolution en dehors du préjugé périphérique qui fige l'émotion. Ce sont les circonstances de sa vie qui ont déterminé chez l'angoissé la formation particulière de cette émotion devenue à peu près exclusive chez lui. Pour chacune de nos émotions, il en est de même, et leur physionomie objective est la conséquence d'une foule de facteurs, parmi lesquels les modifications organiques de la respiration ou de la circulation n'entrent en effet que comme fonctions organiques. Il arrive même que l'émotion soit en retard sur sa cause apparente. Elle n'accompagne pas la représentation qui, d'après l'hypothèse périphérique, la suscite par voie réflexe. Normalement et pathologiquement, ces cas d'émotion rétroactive sont très fréquents. Les obsédés et les agités restent souvent parfaitement calmes devant l'événement qui devrait les impressionner. Les réflexes cardiaques et vasomoteurs qui, prétend-on, précèdent tout travail cérébral ne se produisent pas. Puis, au bout de quelques heures, de quelques jours, quand le travail du cerveau s'est fait, les malades ont des palpitations, des tremblements... Combien de fois il nous est arrivé pareillement, dans l'activité immédiate

[1] JANET : *Ouv. cité*.

d'un danger, de ne ressentir aucune émotion et de rester aussi indifférents que les malades, alors qu'au souvenir de cet événement, dans l'immobilité de la mémoire, nous substituions à tous les actes anciens et absents un trouble émotif profond!

L'émotion, en définitive, doit être conçue comme une perturbation des fonctions centrales, momentanément détournées de leur destination naturelle qui est l'action systématique. L'émotion est ainsi à la fois dissolvante et tonique. Relativement aux habitudes anciennes, aux actes organisés, elle est une perte et une désagrégation. Elle ébranle la personnalité tout entière; elle se rattache, sans doute, à des phénomènes centraux du même ordre que ceux de l'épilepsie. De là son rôle pathogène, non seulement dans la genèse des maladies, mais surtout dans les rechutes. En revanche, relativement à l'avenir, elle est une tentative de découverte, un essai d'organisation nouvelle et mieux adaptée aux circonstances. Elle réalise la fin d'un acte et le commencement d'un autre. Selon que c'est l'un ou l'autre de ces deux aspects qui domine, c'est-à-dire suivant les ressources du sujet, elle est une augmentation ou une diminution de la personnalité; elle est afflictive ou exaltante. Elle donne la mesure exacte, à chaque instant, des puissances de la vie nerveuse.

Est-il possible, maintenant, de concevoir et de résumer, si grossièrement que ce soit, en quoi consiste une émotion?

Psychologiquement, la conscience est d'abord une fonction d'organisation. Dans le développement phylogénétique et ontogénétique, elle se détermine à tous ses degrés d'après la puissance de la synthèse où elle est parvenue, d'après la complexité, la variété et la multiplicité des éléments que renferme cette synthèse. Le dernier terme de ce progrès est le sentiment du moment présent dans le moi que je suis. Il est impossible de nous représenter en dehors de cette synthèse un fait qui la trouble aussi profondément que l'émotion. Bien plus, l'émotion n'est que l'histoire de cette personnalisation; elle marque chacun de ses progrès ou de ses reculs. Elle est l'aspect subjectif de l'effort qui va réussir ou qui est en train d'échouer. Espérance ou menace, traduisant la perturbation momentanée d'un système[1] par un choc ou par une influence et marquant l'attente d'un nouveau, elle est le passage à tâtons de l'un à l'autre, sous la pression des choses.

Physiologiquement, il serait à noter que le siège des émotions a été en perpétuelle migration dans l'esprit des auteurs. Ce centre fut d'abord localisé dans le bulbe[1]. On l'a ensuite fait remonter dans la couche optique. Cliniquement et expérimentalement, on constate, en effet, que les *paralysies* des muscles volontaires sont liées à des lésions corticales ou sous-corticales (altérations de l'écorce ou des fibres de projection qui lui appartiennent directement). Si, malgré l'existence de telles lésions, la couche optique est intacte, l'expression des émotions subsiste. Inversement, la suppression de la couche optique, chez l'animal ou chez l'homme, laisse persister les mouvements volontaires, mais supprime radicalement tous les mouvements de caractère émotif (Huguenin). Il faudrait encore mettre en ligne de compte l'action de ces centres sur la sécrétion des larmes, le mouvement du cœur, de l'estomac, etc... Si ces observations, comme il semble bien, sont définitives, il y a à considérer deux faits de la plus grande importance.

Les divisions de l'écorce cérébrale se répètent anatomiquement et fonctionnellement dans la couche optique[2]. Ses connexions avec l'écorce, en outre, sont très nombreuses. Par conséquent, en tenant compte aussi de la liaison de la couche optique par ses fibres de projection avec le bulbe rachidien et la moelle épinière, de manière à supposer, avec Bechterew, que nous nous trouvons là en présence d'un système relativement indépendant, on est au moins obligé de reconnaître que les actes commandés par ce système, pour réflexes qu'ils soient, sont d'un automatisme compliqué, et qu'il y a lieu de distinguer la conscience qui en dérive de celle de la simple sensation.

Mais arrêtons-nous. Il nous est un peu pénible de spéculer ainsi sur des données elles-mêmes si hypothétiques. En fait de physiologie nerveuse, il faut avoir le courage d'avouer que nous ne savons rien ou à peu près en dehors du fait que l'excitation se transmet d'un neurone à un autre, dans un sens défini. Nous pouvons alors nous représenter tout au plus les fonctions et localisations cérébrales comme une organisation de rapports précis et multiples entre ces éléments. Le cerveau est composé de « systèmes différenciés », mais il y a lieu de croire que cette différenciation est surtout fonctionnelle. La Physiologie aboutit donc à la même idée d'organisation synthétique que la Psychologie, et elle ne peut voir dans le processus émotif rien de plus qu'une systématisation ou une perturbation fonctionnelle des actions nerveuses.

En résumé, l'esprit n'a pas le choix. Il faut toujours qu'il explique l'ensemble par l'élément ou l'élément par l'ensemble. Duchêne (de Boulogne) a trouvé dans l'électrisation des muscles de la face

[1] « L'émotion, dit excellemment M. Dumas, interrompt nos actes, dissout les synthèses motrices, comme elle dissout les synthèses mentales. » *Ouv. cité.*

[1] Sergi : *Les Emotions.*
[2] Morat et Doyon : *Ouv. cité.*

un moyen de reproduire artificiellement et localement les expressions des diverses émotions. La question ne peut pas être plus clairement posée. Pour un périphériste, cette contraction musculaire doit être, *par elle-même*, émotive. Pour nous, elle n'est rien ; elle est tout au plus sensitive. Elle ne prendra de valeur émotive qu'à la condition de se trouver incorporée et organisée dans un processus complexe dont le principe et l'unité viennent des centres. Suffit-il d'additionner des sensations élémentaires pour constituer une émotion ou, au contraire, faut-il admettre, comme intermédiaire de l'une à l'autre espèce de sensibilité, une intervention des centres supérieurs? Nous avons tenté de dégager quelques-unes des raisons qui condamnent la conception analytique des émotions. Outre le défaut de démonstration expérimentale que nous avons signalé, cette hypothèse nous paraît finalement reposer sur un postulat anti-scientifique. On veut déterminer ce qui, dans le physiologique, est conscient. On décompose ainsi un tout corporel, processus périphérique et processus central, puis, ayant isolé ces éléments, on dit arbitrairement : c'est celui-ci qui entraîne la conscience et jamais l'autre! Et, cette démonstration ne pouvant être faite, il ne reste plus qu'à supprimer la difficulté en considérant la conscience à peu près comme inutile et surérogatoire. C'est la conception bien connue de l'*épiphénomène*, admirablement précisée par M. Ribot, et qui ne va rien moins qu'à éliminer le « donné » même de la Psychologie, comme si le biologiste commençait par nier théoriquement le fait de la vie. Enfin, à supposer tout cela démontré, il faudrait encore déterminer la notion fonctionnelle de cette conscience, laquelle est nécessairement très variable, comme on le constate dans les phénomènes de dédoublement et d'automatisme psychologique. Conscient et psychique ne sont pas des termes coextensifs, et c'est peut-être justement dans la manière dont le Psychique doit s'organiser pour devenir ou rester conscient qu'il faudrait chercher la raison dernière de l'émotion.

Gaston Rageot,
Agrégé de l'Université.

L'APPLICATION DES LOIS DU RAYONNEMENT A LA PYROMÉTRIE

On est resté longtemps dans l'ignorance au sujet des fonctions reliant le rayonnement calorifique et lumineux des corps chauds à leur température. La question est, en effet, très complexe, si l'on songe que le pouvoir émissif des solides est lui-même, pour la plupart d'entre eux, une fonction inconnue de la température, qui vient encore compliquer la relation observée.

Mais le problème se simplifie si l'on s'adresse aux corps dits *noirs :* charbon, oxydes de chrome, de fer, etc., ou mieux encore à un four *ne présentant qu'une ouverture très petite* pour le passage des radiations.

Dans ce dernier cas, en effet, on sait, d'après les remarquables travaux de Kirchhoff sur la question, en 1861, travaux restés inaperçus à cette époque, que le rayonnement est *indépendant de la nature des parois* qui constituent l'enceinte isotherme. Les corps dits noirs peuvent se rapprocher de la valeur de ce rayonnement limite, pris comme unité, sans pouvoir jamais la dépasser, si aucune énergie étrangère ne vient s'ajouter à l'effet purement thermique.

Dans une étude sur le pouvoir émissif des oxydes, conduite en vue de jeter quelque lumière sur la question si complexe de l'émission des oxydes radiants appliqués à l'éclairage, j'ai trouvé pour l'un d'entre eux, l'oxyde de cérium, et cela quand ce composé est chauffé par une *flamme réductrice*, un rayonnement *supérieur* à celui de l'enceinte isotherme portée à la même température[1]. Ces exceptions, assez rares d'ailleurs, ont attiré récemment l'attention des physiciens, qui ont appelé *luminescents* les corps dont le rayonnement est supérieur à l'unité, soit pour la somme des radiations, soit pour une seule d'entre elles. Il n'est pas douteux qu'ici l'énergie étrangère est de nature chimique et peut encore troubler profondément les lois simples, bien connues maintenant, qui régissent le rayonnement.

I

Contrairement ce que l'on pourrait croire *a priori*, la loi relative au rayonnement total est plus simple que celle qui se rapporte au rayonnement d'une radiation élémentaire.

Trouvée expérimentalement par Stéfan vers 1880, par l'étude de l'émission d'un fil de platine chauffé électriquement, et aussi en coordonnant les résultats de nombreuses expériences antérieures, elle peut se formuler de la manière suivante :

[1] *Rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes.* Paris, Gautier-Villars, 1902, et *Annales de Chimie et Physique*, décembre 1902.

La quantité totale de chaleur, versée par un corps à une température absolue T *sur un autre à une température absolue* t, *est proportionnelle à la différence des quatrièmes puissances des températures absolues des deux corps en présence :*

$$Q = a\,(T^4 - t^4).$$

Cette loi n'est rigoureuse que pour les corps noirs; mais elle s'applique sensiblement à quelques autres en employant un coefficient différent de a, lequel, d'après Kurlbaum, est égal, pour les corps noirs, à $5{,}32 \times 10^{-12}$ watts par cm².

Des recherches théoriques ultérieures de M. Boltzmann et d'autres physiciens ont montré que cette loi est une conséquence de la Théorie électromagnétique de la lumière; on peut l'établir en partant de considérations thermodynamiques.

Plus récemment encore, MM. Lummer, Pringsheim et leurs collaborateurs, après avoir vérifié la loi du rayonnement total entre des limites très étendues, ont, à la suite d'expériences patiemment poursuivies sur le rayonnement monochromatique, jeté une vive lumière sur cette dernière question.

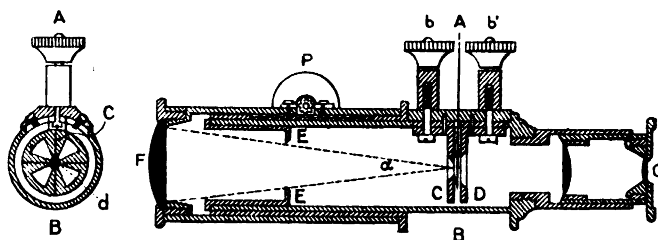


Fig. 1. — *Appareil pyrométrique basé sur la mesure du rayonnement (coupes transversale et longitudinale).* — F, objectif en fluorines ; O, oculaire ; E, diaphragme ; AB, plan focal ; C, D, écrans ; d, disque d'argent ; P, engrenage de mise au point ; b, b', vis.

La formule de ce rayonnement élémentaire semble bien être de la forme :

$$R = ke^{-\frac{k'}{\theta}},$$

dans laquelle k et k' sont des coefficients renfermant la longueur d'onde à laquelle se rapporte le rayonnement.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus en essayant de déterminer simultanément la température d'un même corps noir par la relation de Stéfan, maintenant complètement admise, et les exponentielles de l'émission monochromatique donnent des résultats absolument concordants.

II

J'ai pensé, depuis quelques années déjà, à employer ces lois à la détermination des températures industrielles si élevées qu'on produit aujourd'hui couramment, soit par la combustion, soit par l'emploi des fours électriques.

Je me suis adressé d'abord à la loi de Stéfan-Boltzmann, qui, mettant en jeu toute l'énergie rayonnée, semble seule propre à la réalisation d'un appareil industriel à lecture directe. Si même il est possible d'obtenir le déplacement d'une aiguille, rien n'empêche de rendre l'appareil *enregistreur*, condition souvent réclamée par les exigences de l'industrie dont on doit écarter les mesures délicates du laboratoire.

Les appareils propres à la mesure du rayonnement calorifique se sont multipliés et perfectionnés, on le sait, dans ces dernières années. Tout le monde connaît le *bolomètre* et les admirables travaux qu'il a permis à l'inventeur, M. Langley, de mener à bien ; le *radio-micromètre* est devenu, entre les mains de M. V. Boys, un instrument d'une exquise sensibilité ; plus récemmet encore, le *radiomètre* de Crookes a été employé, après des modifications convenables, à des déterminations quantitatives ; enfin, les récents perfectionnements apportés à la pile thermo-électrique et surtout aux galvanomètres permettent à cette dernière de lutter avec les appareils bolométriques de haute sensibilité.

C'est à ce dernier mode de mesure que je me suis arrêté : la pile thermo-électrique n'exige pas, en effet, comme le bolomètre une source d'énergie étrangère ; elle reste toujours identique à elle-même, et, bien que sa sensibilité soit plutôt moindre, les résultats qu'elle fournit présentent une grande sûreté. Sur le micro-radiomètre, elle présente l'avantage de pouvoir être pointée sur le corps en expérience, et elle n'entraîne pas, comme le radiomètre de Crookes, l'ennui d'une trompe à mercure qui maintient le vide à la valeur critique donnant le maximum de sensibilité.

Mais, sous sa forme classique, la pile thermo-électrique présente de graves défauts que j'ai dû d'abord écarter, avant de pouvoir en tirer tout le parti que j'en attendais.

Voici la description de mon appareil, telle qu'elle a été donnée dans les brevets pris, en 1900, à ce sujet[1].

Les métaux (fer, constantan) constituant le couple thermo-électrique employé sont amenés à l'état de fils ou de lames extrêmement minces (de l'ordre du millième de millimètre), dans le but de diminuer l'inertie calorifique du système et de réduire les pertes par conductibilité de la soudure

[1] Brevet français, 23 avril 1900, n° 310.185 : Lunette électro-pyrométrique pour la mesure des températures élevées ; et brevet allemand, 13 juin 1901, n° 135.064 : Thermoelektrisches Pyrometer.

chaude. Un seul élément est employé ; il est formé par deux fils ou lames se croisant à la manière d'un réticule dans le plan focal AB d'une lunette (fig. 1), dont l'objectif F est en fluorine, matière très transparente, comme on le sait, pour toutes les radiations.

Au point de croisement des fils, qui sont soudés à cet endroit, est disposé un petit disque d'argent *d*, de $1^{mm},5$ de diamètre environ, noirci du côté de l'objectif; il constitue la soudure chaude du couple, dont la soudure froide est prise sur le corps même de la lunette. Dans ces conditions, un rayonnement parasite, arrivant latéralement sur l'instrument, *échauffe à la fois les deux soudures*, sans être enregistré.

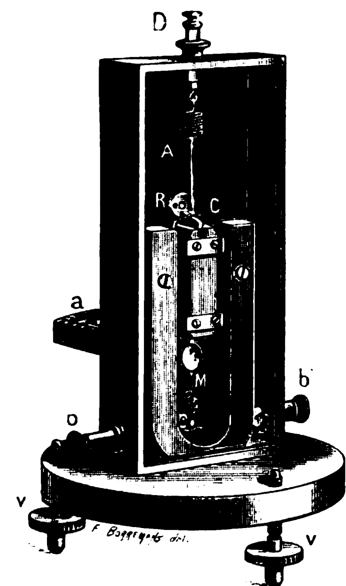


Fig. 2. — *Galvanomètre Depretz-d'Arsonval.* — *b*, *b'*, bornes ; *v*,*v*, vis de calage ; A, cage métallique; B, aimant ; C, suspension ; D, vis de suspension ; M, miroir ; *a*, cadran divisé.

Pour que l'appareil fût véritablement pratique, il était nécessaire aussi de rendre ses indications *indépendantes de la distance du corps chaud et de ses dimensions*.

Pour réaliser la première condition, j'ai disposé à une distance fixe du *réticule thermo-électrique* un diaphragme E, qui ne permet jamais à la lentille de fonctionner à pleine ouverture.

Dans ces conditions, l'angle α du cône de rayons venant converger sur la soudure est constant et tout à fait *indépendant du tirage de la lunette*, lequel est, évidemment, fonction de la distance du four.

Enfin, l'expérience m'ayant montré [1] que la température prise par la soudure dépend largement des dimensions de l'image focale, j'ai rendu l'appareil insensible à cette cause d'erreur, en disposant devant les fils du couple un écran C en forme de croix, qui ne laisse à découvert que le disque d'argent formant la soudure du couple. On mesure, dans ces conditions, à partir du moment où l'image déborde le petit disque noirci, ce qu'on pourrait appeler l'*éclat calorifique* du corps rayonnant, lequel est indépendant des dimensions de ce dernier.

[1] *Rayonnement calorifique de quelques oxydes*, p. 31.

Cette lunette est reliée par deux cordons souples à un galvanomètre, genre Depretz-d'Arsonval, à cage complètement métallique (fig. 2), pour éviter la naissance de forces thermo-électriques que produiraient des différences de température accidentelles entre les divers métaux qui constituent son circuit.

Ce galvanomètre à miroir donne, sur une échelle à 1 mètre, 1 millimètre pour $0^{amp},000.000.04$, soit 1 millimètre pour 0,4 microvolt aux bornes, sa résistance étant de 10 ohms. Cette déviation représente $0^{o},01$ de différence de température entre les deux soudures du couple.

L'expérience montre qu'à partir de 900° l'absorption de la fluorine devient assez faible pour que la loi de Stéfan se vérifie, comme on pourra le voir par le tableau suivant :

DÉVIATION du galvanomètre mesurant le rayonnement	TEMPÉRATURE indiquée par le couple	TEMPÉRATURE d'après la loi de Stéfan	DIFFÉRENCE en degrés	ERREUR p. 100
11 mm	844°	860°	+ 16°	1.85
14	914	925	+ 11	0,84
17,7	990	990	0	0
21,5	1.054	1.060	+ 6	0,60
26,0	1.120	1.120	0	0
32.2	1.192	1.190	— 2	0.17
38,7	1.260	1.250	— 10	0,80
45.7	1.328	1.320	— 8	0,60
52,5	1.385	1.380	— 5	0.36
62,2	1.458	1.450	— 8	0,50

La source rayonnante était un petit four à résistance de platine contenant un couple thermo-électrique de M. Le Châtelier.

Cette concordance, très satisfaisante entre les deux pyromètres, m'a permis d'extrapoler la loi de Stéfan, et de déterminer quelques températures difficilement mesurables par les procédés ordinaires. Je citerai d'abord celle qui a trait à la mesure de la température du cratère de l'arc électrique, que j'ai trouvé être égale à 3.490°, et cela indépendamment de la nature des charbons [1], car toutes les matières étrangères sont volatilisées autour du cratère.

J'ai pu également, par le même procédé, mesurer le point d'ébullition de quelques métaux, le cuivre entre autres. Sept kilogs de ce métal, contenus dans un creuset de graphite, sont portés rapidement à l'ébullition dans le four électrique de M. Moissan [2]. Un trou latéral percé dans la paroi du four permet de viser le creuset.

Les résultats les plus intéressants ont été obtenus sur les alliages. On peut, en particulier, faire une véritable *distillation fractionnée* du laiton. Le tableau suivant (p. 914) donne les résultats obtenus sur un laiton à 37 % de zinc.

La troisième colonne (moyenne de 5 détermina-

[1] *C. R. de l'Académie des Sciences*, 28 avril 1902.

[2] Détermination des points d'ébullition du cuivre et du zinc. *Annales de Chimie et Physique*, mars 1903.

tions concordantes) donne la température qu'aurait atteinte le creuset vide au bout du même temps :

DURÉE de l'expérience	TEMPÉRATURE du creuset plein de laiton	TEMPÉRATURE du creuset vide
—	—	—
0 minute	20°	20°
0,5	1.039	1.220
1,5	1.100	1.560
2	1.030	1.800
2,5	1.220	1.920
3	1.500	2.020
3,5	1.790	2.120
4	1.980	2.200
4,5	2.000	2.280
5	1.930	2.320
5,5	2.000	2.360
6	1.990	2.400
6.5	2.000	2.460
7 courant supprimé	2.100	2.500

Après l'expérience, l'analyse montre que le cuivre qui reste dans le creuset ne renferme plus trace de zinc.

III

Dans le but de contrôler mes mesures concernant l'arc électrique, j'ai songé à employer les formules relatives au rayonnement monochromatique.

Je me suis servi pour cela d'une disposition très voisine de celle employée par M. Le Châtelier dans son *pyromètre optique*; mais je ramène l'égalité des deux plages, correspondant au four et à la lampe étalon, au moyen d'un verre absorbant taillé en prisme d'angle très aigu, ce qui permet d'en faire varier lentement l'épaisseur[1].

La loi de l'absorption étant de forme exponentielle, comme celle du rayonnement lumineux, il est facile de voir qu'au moment de l'équilibre photométrique on a l'égalité :

$$Kx = \frac{B}{\theta} + C,$$

les constantes K, B et C renfermant la longueur d'onde de la radiation employée, l'angle du prisme et le coefficient d'absorption du verre de l'appareil.

En d'autres termes, *l'épaisseur x du prisme*, proportionnelle à son déplacement, *est aussi proportionnelle à l'inverse de la température absolue θ du corps supposé noir qu'on mesure.*

Voici la proportionnalité de l'appareil pour les longueurs d'onde $\lambda = 659$ (rouge) et $\lambda = 562$ (vert) données par des verres absorbants spéciaux, bien monochromatiques :

VERRE ROUGE		VERRE VERT	
θ (couple)	θ (pyromètre)	θ (couple)	θ (pyromètre)
—	—	—	—
1.100°	1.098°	1.270°	1.272°
1.130	1.137	1.340	1.335
1.180	1.169	1.410	1.415
1.230	1.227	1.470	1.462
1.290	1.288	1.500	1.512
1.400	1.397	»	»
1.460	1.457	»	»
1.500	1.507	»	»

[1] Sur la température de l'arc électrique. *C. R. de l'Académie des Sciences*, 26 mai 1902

La source rayonnante était toujours le four électrique à résistance de platine dont j'ai précédemment parlé.

En extrapolant ces lois, j'ai trouvé, pour le cratère de l'arc, 3.867° en lumière rouge, et 3.897° en lumière verte.

Cette divergence avec le résultat donné par la loi de Stéfan tend à prouver que *le charbon ne se comporte plus comme un corps parfaitement noir à son point de volatilisation.*

IV

Mais les appareils précédemment décrits sont encore trop fragiles et d'un emploi trop délicat pour trouver place dans une usine.

J'ai songé alors à remplacer, dans la lunette de laboratoire, la fluorine par un verre spécial peu

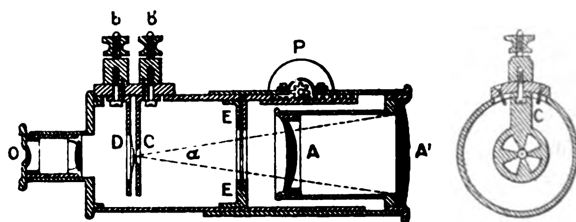


Fig. 3. — *Appareil pyrométrique basé sur la mesure du rayonnement pour l'usage industriel.* — Mêmes lettres que dans la figure 1. A, A', lentilles.

absorbant. Il est, en effet, impossible de trouver de gros morceaux de spath fluor propres aux usages de l'optique, ce qui ne permet pas de construire, avec cette substance, des lunettes donnant une déviation sensible sur les galvanomètres rustiques qu'on peut mettre entre les mains des ouvriers.

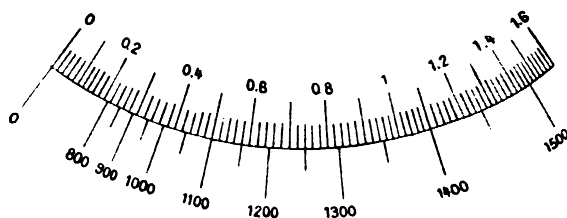


Fig. 4. — *Échelle du galvanomètre.*

J'ai pu réaliser, par l'emploi de courbures appropriées et de deux lentilles (fig. 3), un objectif d'ouverture considérable $\left(\frac{f}{D} = \frac{5}{3}\right)$ qui remplit les conditions du problème.

Ce pyromètre, dont le galvanomètre à aiguille peut être rendu facilement enregistreur, est gradué au-dessus de 1.700° par comparaison avec un pyromètre de laboratoire à objectif en fluorine.

La figure 4 est une reproduction demi-grandeur de l'échelle du galvanomètre, qui porte une troi-

sième division non figurée allant de 1.400 à 1.900°; elle correspond à l'emploi d'un petit diaphragme qu'on peut glisser dans la lunette et qui réduit la sensibilité de l'instrument dans un rapport connu.

Dans le cas où il n'est pas possible de ménager une ouverture dans le four pour y viser, on pointe sur le fond fermé d'un tube formant moufle, introduit à poste fixe dans la paroi, comme il est indiqué par la figure 5 qui donne une vue d'ensemble de l'appareil d'usine.

Les faibles échauffements auxquels sont soumis les réticules thermo-électriques de ces lunettes ne sont pas de nature à modifier leur constante, et la conservation de l'appareil est parfaite, car il n'est pas soumis, comme la plupart des pyromètres ordinaires, à l'action destructive des gaz des foyers.

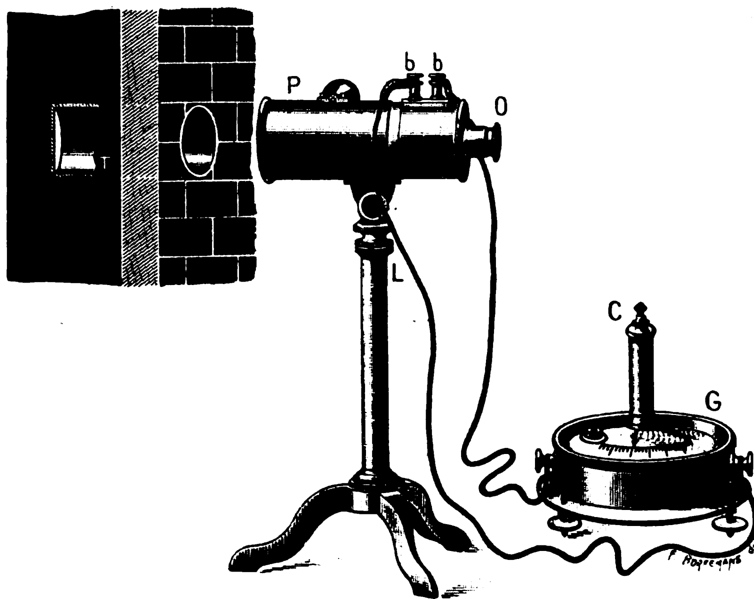


Fig. 5. — *Vue de l'installation du pyromètre pour l'usage industriel.* — T. tube fixé dans la paroi du four; P. lunette pyrométrique; O. oculaire; L. support; *b*, *b*, bornes; G. galvanomètre; C. cage métallique.

V. — Conclusion.

En résumé, les lois nouvelles du rayonnement, et en particulier celle de Stéfan, se prêtent admirablement à l'évaluation des températures, *et cela avec une précision d'autant plus grande que la température est plus élevée.*

Indépendamment des applications pratiques que cette loi peut recevoir dans les laboratoires ou l'industrie, il est bon de remarquer que, reposant sur une base théorique solidement établie, les températures ainsi déterminées, *indépendamment de la nature du corps rayonnant*, sont connues avec plus de sûreté même qu'au moyen du thermomètre à air. Ce dernier, en effet, ne serait absolu que dans le cas des gaz parfaits, dont s'éloignent plus ou moins ceux que nous connaissons.

Il en résulte que l'*échelle normale des températures* sera vraisemblablement établie plus tard par l'application de ces lois, ce qui permettra de voir dans quelles limites sont exactes les extrapolations faites jusqu'ici en utilisant diverses propriétés physiques de la matière.

En particulier, la création d'un étalon lumineux primaire reposant sur ces principes semble tout indiquée. On pourrait définir ainsi cet étalon[1] : *L'unité de lumière blanche est celle qui est rayonnée normalement par le cm² d'une enceinte isotherme dissipant N watts par unité de surface, vers une surface également noire au zéro absolu.*

Cette dernière partie de la définition est toute théorique, car il est facile de voir que dans la formule :

$$Q = a\,(T^4 - t^4),$$

t^4 est négligeable vis-à-vis de T^4, si t absolu est de 293° (20° vulgaires) et T suffisant pour produire une émission lumineuse.

Il faudrait donner à N, nombre de watts rayonnés par centimètre carré, une valeur telle que la teinte obtenue soit voisine de celle de nos sources lumineuses modernes riches en rayons très réfrangibles.

Il y a là un moyen simple de réaliser le vœu exprimé déjà en 1896 par M. Ch.-Ed. Guillaume[2].

Ch. Féry,
Docteur ès-sciences,
Professeur à l'École
de Physique et de Chimie
de la Ville de Paris.

[1] *Rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes*, p. 75.

[2] Étude critique des diverses méthodes optiques de Photométrie. *Association française pour l'avancement des Sciences*. Congrès de Carthage.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. *XIVes Heft.* — 1 *vol. in-8° de* 338 *pages avec* 113 *figures.* (*Prix* : 20 *fr.*) *B. G. Teubner, éditeur. Leipzig*, 1903.

La « Collection de Monographies sur l'histoire des Mathématiques », fondée par Moritz Cantor, vient de s'enrichir d'un 14e fascicule, qui contient trois travaux d'un grand intérêt.

Le premier, dû à M. A. Björnbo, est relatif à la *Sphérique* de Ménélaos, mathématicien grec d'Alexandrie. Cet ouvrage, malgré l'intérêt du contenu et l'originalité de l'auteur, est resté peu connu parce que le texte grec en est malheureusement perdu et que l'œuvre ne nous est parvenue que par l'intermédiaire des traductions arabes. M. Björnbo, après avoir rappelé ce que nous savons de Ménélaos, a cherché à reconstituer le contenu de la *Sphérique* d'après les rares et mauvaises éditions que l'on en possède; il étudie les trois livres successivement, et il montre les rapports de l'œuvre du savant grec avec celles de ses prédécesseurs et successeurs et la place qu'elle occupe dans l'histoire des Mathématiques et de l'Astronomie.

Le second travail, très court, n'est qu'un Appendice au livre bien connu de M. H. Suter, professeur au Gymnase de Zurich, sur « Les mathématiciens et les astronomes arabes et leurs œuvres ».

Le dernier Mémoire nous intéresse davantage : c'est le résultat des recherches de M. K. Bopp sur Antoine Arnauld, le grand Arnauld, considéré comme mathématicien. L'œuvre mathématique du solitaire de Port-Royal est tombée, même chez ses compatriotes, dans un oubli d'autant plus immérité qu'elle a exercé une grande influence sur son époque. Dans le domaine de la philosophie des Mathématiques et de ses méthodes, Arnauld s'est révélé un maître; dans les problèmes de la théorie des nombres, il a fait preuve d'une grande pénétration, comme on peut s'en convaincre par la lecture de son livre sur *Les Quarrez magiques*. Mais c'est surtout en Géométrie qu'il fit époque; il réforma l'enseignement de la Géométrie élémentaire. Beaucoup de ses théorèmes, des démonstrations originales qu'il donna dans ses *Nouveaux élémens de Géométrie*, sont aujourd'hui plus connus que ceux d'Euclide.

Nous ne pouvons suivre M. Bopp dans l'examen détaillé des œuvres d'Arnauld et de ses relations avec Descartes, Pascal et Leibniz; mais nous sommes assuré que ceux qui voudront revivre dans les pages de son livre ce côté de l'activité du fougueux janséniste souscriront avec nous à la pensée qui le termine : « Arnauld fut l'Euclide du XVIIe siècle ». L. B.

2° Sciences physiques

Arrhénius (Svante), *Professeur à l'Université de Stockholm.* — **Lehrbuch der kosmischen Physik** (Traité de physique du globe). — 1 *vol. in-8° de* 1042 *pages, avec* 304 *figures et* 3 *planches.* (*Prix broché* : 47 *fr.* 50.) *Hirzel, éditeur. Leipzig*, 1903.

La Physique du Globe ne jouit pas en France d'une très grande faveur. La plupart de nos physiciens sont trop épris des théories de belle ordonnance, enchaînements de déductions rigoureuses, extrayant de quelques propositions fondamentales, dont la simplicité n'a souvent d'égal que l'arbitraire, toute la série des faits expérimentaux et même quelquefois plus. En raison même de la nature de son objet, la Physique du Globe ne peut prétendre à cette rigueur. Les phénomènes naturels dépendent de trop nombreux paramètres, dont il est souvent difficile de séparer le rôle. D'autre part, l'expérimentation ne peut rendre, dans l'espèce, que des services très restreints. Les phénomènes ne sont pas à notre portée et nous pouvons les observer, non les provoquer à notre gré. Enfin, le temps, qui, dans nos expériences de laboratoire, ne joue qu'un rôle secondaire, devient, dans les phénomènes cosmiques, un facteur de première importance. Ce n'est pas l'un des moindres étonnements de celui qui aborde l'étude physique de l'Univers de constater que des effets énormes, dont la puissance confond notre imagination, dérivent souvent de causes occasionnelles, en apparence insignifiantes. Pendant l'instant que représentent dans la vie de l'Univers la durée de l'une de nos générations, la durée de nos temps historiques même, ces causes font à peine sentir leur influence. Mais, par une action constante poursuivie pendant les millions d'années que représentent les périodes géologiques, elles ont pu produire les transformations profondes dont notre Globe a gardé les traces.

La Physique cosmique doit faire appel à toutes les parties de la Science : à l'Astronomie, à la Physique et à la Chimie proprement dites, à la Chimie physique surtout, à la Zoologie, à la Botanique, à la Géologie.

Dans cette synthèse de nos connaissances sur l'Univers apparaît mieux que partout ailleurs la solidarité étroite qui relie entre eux les phénomènes naturels. Dans la Nature, nul fait n'est isolé. Les phénomènes astronomiques et physiques règlent les climats; les climats fixent la faune et la flore; les climats, la faune, la flore influent sur les transformations géologiques, qui, à leur tour, réagissent sur eux : tout se lie et s'enchaîne.

Ces relations, si importantes dans la vie de l'homme, ont été par lui confusément pressenties de très bonne heure. Les résultats de longs siècles d'observation, formulés d'abord en règles purement empiriques, ont acquis peu à peu, par les progrès des sciences, une forme plus précise. Dans ces dernières années surtout, la Physique cosmique, se dégageant définitivement de l'empirisme, est parvenue à grouper dans un ensemble cohérent la masse des faits accumulés par l'observation.

C'est grâce, en premier lieu, aux acquisitions récentes de la Thermodynamique et de la Chimie physique (corrélatives les unes des autres) qu'il est devenu possible d'établir un lien logique entre des phénomènes au premier abord désordonnés.

Cette application des théories thermodynamiques et physico-chimiques aux phénomènes cosmiques caractérise l'ouvrage du Professeur Arrhénius, la première œuvre d'ensemble en ce genre. Certes, comme le fait remarquer l'auteur avec justesse, traiter avec la même compétence tous ces problèmes si divers serait une tâche au-dessus des forces d'un homme. Cependant, nous serions tenté de reprocher au Professeur Arrhénius une modestie exagérée; sa compétence personnelle est bien plus étendue qu'il ne veut le laisser entendre : il suffit de rappeler ses travaux originaux sur plusieurs sujets de Physique du Globe.

La liste des chapitres donnera une idée du contenu de l'ouvrage :

Physique du Ciel.

1. *Les étoiles fixes.* L'auteur résume les connaissances que nous ont permis de recueillir sur ces astres, situés si loin de nous, l'analyse spectrale et, en particulier, l'application du principe de Doppler;

2. *Le système solaire.* Etude mécanique;
3. *Le Soleil.* Etude physique du Soleil; les taches, les protubérances, la température;
4. *Les planètes et leurs satellites. Les comètes;*
5. *Cosmogonie.*

Physique de la Terre.

1. *Forme, mouvement et masse de la Terre.* La pesanteur, détermination de la masse absolue de la Terre;
2. *Croûte terrestre et intérieur de la Terre.* Température et âge de la Terre; phénomènes volcaniques; tremblements de terre; étendue relative des mers et des continents;
3. *L'Océan.* Profondeur, relief du fond; composition et température de l'eau de mer; courants marins; glaces des pôles;
4. *L'eau sur la terre ferme.* Glaciers; eaux douces; lacs, marais et tourbières; nappes souterraines; rivières; érosion, alluvions;
5. *Ondulations de la mer et des lacs* (vagues). Ressac; seiche; marées;
6. *Actions mutuelles de la Mer et de la Terre.* Rivages; rôles des êtres organisés.

Physique de l'Atmosphère.

1. *Composition de l'air;*
2. *Apports de chaleur à la Terre;*
3. *Pertes de chaleur de la Terre;*
4. *Température a la surface du Globe;*
5. *Température de l'atmosphère,*
6. *Pression barométrique;*
7. *Vapeur d'eau dans l'atmosphère;*
8. *Nuages et météores aqueux;*
9. *Vents;*
10. *Cyclones;*
11. *Théorie de la circulation atmosphérique;*
12. *Action des vents sur la croûte terrestre.*
13. *Orages;*
14. *Acoustique météorologique;*
15. *Optique météorologique;*
16. *Electricité atmosphérique;*
17. *Aurores boréales;*
18. *Magnétisme terrestre.*

Il est à regretter que l'auteur n'ait pas cru devoir indiquer les sources bibliographiques, au moins pour les Mémoires les plus importants.

Marcel Lamotte,
Maître de Conférences
à l'Université de Clermont-Ferrand.

3° Sciences naturelles

Gosnell (R. E.). — **The Yearbook of British Columbia.** — 1 *vol. in-8° de* 406 *pages. Gosnell, éditeur. Victoria*, 1902.

Ce volume est toute une encyclopédie historique, politique et géographique sur l'État le plus occidental du Dominion Canadien. L'intérêt qu'il présente en lui-même se double du fait de la transformation rapide que subit en ce moment la Colombie Britannique. Les géographes, en particulier, doivent savoir gré à M. Gosnell d'avoir longuement et minutieusement réuni les faits de tout ordre dont l'ouvrage se compose.

Le Yearbook, tout à fait distinct des annuaires habituels, débute (p. 9-66) par un limpide résumé de l'histoire colombienne, dont les dates importantes resteront : la découverte du détroit de Juan de Fuca (1592); le traité anglo-russe de 1825 ; l'entrée de l'Etat dans la Confédération canadienne (20 juillet 1871) ; l'agitation pour l'établissement du chemin de fer Canadien-Pacifique (1873-77); les premières relations régulières par grands paquebots avec le Japon (1891); la découverte de l'or dans le Klondyke (1896). La place la plus large est faite dans ces pages aux voyages de découvertes sur la côte N. O. du continent américain, dans l'intérieur des Montagnes Rocheuses et dans le Far-West. Des renseignements complémentaires (p. 66-111) portent notamment sur la fondation des forts, sur l'histoire de la presse, sur les tarifs, sur la fièvre de l'or, sur la délimitation avec l'Alaska.

Les pages 111 à 163 contiennent l'exposé de l'organisation politique générale de l'Etat (assemblée législative et conseil exécutif, lieutenant gouverneur), de l'organisation municipale, des lois scolaires, de la situation actuelle de l'enseignement.

L'étude qui fait suite (p. 163-180) sur « nos Indiens » est remarquable à plusieurs égards. Elle établit surtout, par la considération des types physiques, du langage, des objets usuels, qu'il existe des liens indiscutables de parenté entre les 25.000 « Peaux-Rouges » de la Colombie et les populations asiatiques, Ostiaks de l'Iénisséi, Aïno, Japonais et Chinois même.

L'exposé des conditions physiques (p. 180-242) pèche quelque peu par défaut de méthode. On ne s'explique pas pourquoi l'auteur y a intercalé, entre l'orographie et le climat, une liste détaillée des divisions politiques et des villes (avec leurs attractions). Je note, dans cette partie du livre : les tableaux climatériques (p. 204-206), qui font bien ressortir les conditions d'humidité des chaînes côtières et le caractère continental de l'intérieur; les listes concernant la faune; l'exposé des conditions forestières (exploitation du « cèdre rouge » et du « cèdre jaune », limite septentrionale des futaies).

La question des pêcheries en rivière et en mer est, avec raison, traitée à part (p. 243-268); c'est, avec l'exportation des bois, la principale ressource de la Colombie. La pêche des diverses variétés de saumon fournit le principal appoint; elle donne lieu, dans le Fraser inférieur, à un mouvement de plus de 2.000 embarcations, et les usines pour la préparation, « canneries », se sont multipliées sans cesse depuis 1876. Le produit total de la pêche fluviale a dépassé, en 1846, 4 millions de livres sterling. Des statistiques donnent l'état de l'industrie de la pêche en mer. La question de la mer de Behring est exposée en détail.

Pour l'agriculture (p. 268-302), on sera frappé des progrès réalisés au point de vue de l'organisation scientifique et de la variété des produits (culture des arbres fruitiers dans la zone du Pacifique). La législation agricole est avancée, et il y a eu de curieux essais d'exploitation communale.

Le sol incultivé (p. 302-318) renferme un demi-million d'acres de pâturages naturels, sur lesquels sont usités les procédés d'élevage de la prairie (« ranches », marque du bétail, etc.).

La production minière est étudiée en détail, comme formant une ressource exceptionnelle pour l'avenir (p. 318-370). En 1900, l'or a fourni 4.800.000 livres sterling, la houille 4.300.000; mais, faute de voies de communication, les affaires sont encore extrêmement lentes, malgré le long espace de temps qui s'est écoulé depuis les premières découvertes (1850 pour l'or, 1835 pour la houille). On lira avec intérêt la description des camps miniers dans les différents districts, dont le plus important est celui de la rivière Trail (bassin de la Columbia).

Un appendice renferme des renseignements statistiques de toute nature, principalement sur le commerce.

Dans l'ensemble, l'ouvrage se présente donc comme un manuel d'un genre intéressant sur la Colombie. De nombreuses et très belles photogravures en augmentent beaucoup la valeur, et lui donnent une portée pédagogique.

J. Machat,
Professeur agrégé
d'Histoire et de Géographie
au Lycée de Bourges.

Heudebert (Lucien). — **Promenades au Dahomey.** — 1 *vol. de* 260 *pages.* (Prix : 3 fr.) *Dujarric et Cie, éditeurs. Paris*, 1902.

Ouvrage écrit à bâtons rompus, et sans méthode, où l'on trouvera cependant çà et là d'intéressants renseignements — mal classés — sur les productions végétales du Dahomey, les maladies et surtout les mœurs des habitants.

L. O.

4° Sciences médicales

Gréhant (N.), *Professeur de Physiologie générale au Muséum d'Histoire naturelle.* — **Hygiène expérimentale : l'Oxyde de carbone.** — 1 *vol. in-16° de* 208 *pages avec* 25 *figures.* (*Prix :* 2 *fr.* 50.) *Masson et Cie et Gauthier-Villars, éditeurs. Paris,* **1903.**

Cet ouvrage est le fruit des recherches que M. Gréhant poursuit depuis de longues années dans son laboratoire du Muséum sur l'absorption des gaz et, en particulier, de l'oxyde de carbone par le sang.

L'auteur décrit d'abord les procédés de dosage qu'il emploie : absorption par le protochlorure de cuivre, grisoumètre perfectionné, procédé à l'acide iodique, qui permet de doser 1/50.000 d'oxyde de carbone.

Puis, par l'étude expérimentale de l'intoxication, il détruit définitivement cette idée erronée que l'oxyde de carbone forme, avec les globules rouges du sang, une combinaison fixe et indestructible. Le produit formé, l'hémoglobine oxycarbonée, se dissocie, au contraire, dans certaines conditions. En particulier, lorsqu'on fait respirer à un animal partiellement intoxiqué de l'oxygène pur à la pression ordinaire au lieu d'air, la disparition de l'oxyde de carbone du sang est très rapide. Ce fait, mis en lumière pour la première fois par M. Gréhant, conduit à des applications pratiques de la plus haute importance pour le traitement de l'empoisonnement oxycarboné.

L'ouvrage se termine par des recherches sur les intoxications dues à d'autres gaz : acétylène, gaz d'éclairage, grisou, et sur l'air confiné.

5° Sciences diverses

Richard (Gaston), *chargé du Cours de Sociologie à l'Université de Bordeaux.* — **L'Idée d'évolution dans la Nature et l'Histoire.** — 1 *vol. in-8° de* IV-406 *pages.* (*Prix :* 7 *fr.* 50.) *F. Alcan, Paris,* 1903.

Le livre de M. Richard est une discussion de l'évolutionnisme. Voyons d'abord comment, d'après lui, cette doctrine peut être exposée.

L'évolutionnisme est une métaphysique mécaniste. En vertu du principe de la conservation de l'énergie, l'homogène se transforme en hétérogène : cette loi, pour l'évolutionniste, explique tous les faits. Le pur homogène, l'espace géométrique, donne naissance, en se différenciant, aux phénomènes physiques. Du monde physique, par simple différenciation, surgit le monde vivant, et du monde vivant, par le même procédé, le monde superorganique. La conscience n'a pas plus de réalité que la vie; elle n'est, comme elle, qu'un produit des causes mécaniques. Elle n'a pas d'influence sur les événements humains : que les hommes le veuillent ou non, la civilisation industrielle succédera à la civilisation militaire. Les sociétés sont des organismes et les organismes sont des mécanismes. « L'esprit de l'évolutionnisme est l'effort pour prouver que tous les changements qui s'accomplissent dans l'Univers ne sont que des apparences et qu'en fait toute la phénoménologie se ramène à cette équation $x = mv^2$ » (p. 320).

Ce que M. Richard reproche surtout aux évolutionnistes, c'est leur méthode. Expliquer, pour eux, c'est identifier : quand un fait est réduit à un autre fait dont on peut le déduire analytiquement, l'évolutionniste est satisfait : sa méthode repose sur le principe d'identité. Or, la méthode, selon M. Richard, doit reposer sur le principe de causalité : expliquer un fait, c'est découvrir son antécédent régulier (qu'il lui soit ou non identique ou équivalent). Dans les sciences naturelles et historiques, la méthode ne doit pas être déductive comme en Mathématiques, mais inductive et « génétique » : tandis que l'évolutionniste, partant des causes, en déduit les effets comme un mathématicien développe une série d'équations, M. Richard propose de remonter des effets aux causes, d'établir par induction la généalogie des phénomènes.

Cette méthode n'oriente pas l'auteur vers une métaphysique mécaniste. Elle ne lui révèle dans la Nature aucune métamorphose : elle ne lui permet pas de passer analytiquement de la matière brute à la matière vivante; l'être vivant se distingue du corps inorganique par sa « force adaptative »; la réaction qu'il oppose au monde extérieur est disproportionnée à l'excitation qu'il en reçoit; il paraît déjà régi par une cause finale, par une conscience. De même, la vie consciente et la vie sociale ne sont pas simplement des produits compliqués de la vie organique; la conscience est une réalité originale et son rôle dans le monde humain va croissant; aussi le passage de la communauté instinctive à la cité rationnelle n'est-il pas un accident? Ainsi, les phénomènes sont contingents et leurs lois sont contingentes. Sans doute, on constate dans le monde de la régularité, de l'ordre; les événements n'apparaissent pas au hasard et l'on doit exclure l'idée d'interventions surnaturelles. Mais on doit exclure également l'idée d'une nécessité logique et mathématique. L'évolutionnisme considère l'Univers comme une chaîne immense dont les derniers anneaux, mieux ciselés que les premiers, leur sont pourtant équivalents. M. Richard considère les différents règnes de la Nature comme les étages superposés d'un même édifice. L'évolutionnisme est mécaniste; M. Richard est partisan de la contingence et de la finalité.

Nous regrettons de ne pouvoir suivre dans tous ses détails l'argumentation vigoureuse de M. Richard. Nous aurions voulu signaler, surtout dans la partie sociologique de son ouvrage, quelques-unes de ses théories les plus curieuses : son explication de la guerre (p. 191 : « un groupe humain est d'autant plus belliqueux que la conscience individuelle y est plus étouffée par les états de conscience collectifs »), sa définition de l'Etat (p. 234 : « l'Etat est à la communauté ce que l'activité rationnelle est à l'instinct chez l'individu »); son interprétation des révolutions (p. 235 et suiv.); son opinion sur les causes du progrès (p. 277 : « pas de progrès sans le doute et la critique »); d'autres encore : ce ne sont pas les vues suggestives qui, dans ce livre, font défaut. Mais la thèse générale est-elle inattaquable? Nous laissons aux biologistes le soin de décider si la vie suppose ou non conscience et finalité. Et nous n'avons nulle envie de nier le rôle de la conscience dans la vie sociale; volontiers nous accepterions la formule de M. Richard : « La Sociologie est une Psychologie sociale ou n'est rien » (p. 169). Mais l'auteur nous paraît trop sévère pour le mécanisme en général et pour Spencer en particulier. Spencer est-il un métaphysicien, lui qui refuse de se prononcer sur l'origine première des choses? Est-il un pur cartésien, déduisant tout de l'étendue géométrique, sans faire appel à l'expérience, sinon pour « illustrer » son raisonnement? Et, d'autre part, le mécanisme est-il condamné à raisonner exclusivement suivant le principe d'identité? N'est-elle pas mécaniste, la doctrine qui, sans croire à la métamorphose de la quantité en qualité, constate un rapport constant entre telle quantité et telle qualité? Entre la nécessité géométrique, telle que la concevait Spinoza, et la liberté ou l'arbitraire, M. Richard cherche dans la doctrine de la contingence un juste milieu. Mais cette « contingence », soumise elle-même à des lois constantes, nous paraît être un autre nom de la nécessité physique. Dès lors, ne peut-on concevoir un évolutionnisme qui, renonçant à raconter les métamorphoses de la matière, se bornerait à noter dans quel ordre et en vertu de quelle loi apparaissent dans l'Univers des phénomènes aussi originaux que la vie, la conscience, la cité? M. Richard a fait la critique de l'évolutionnisme considéré comme une métaphysique, comme un mécanisme géométrique et comme une construction déductive. Mais ce triple caractère appartient-il à tout évolutionnisme?

Paul Lapie,
Chargé de Cours
à l'Université d'Aix-Marseille.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Juillet 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **P. Duhem** considère les *ondes-cloisons* dénuées de propagation qui se forment dans les liquides visqueux et qui partagent le milieu en cellules telles qu'aucune masse matérielle ne puisse passer d'une cellule à l'autre. L'intersection d'une onde-cloison, du premier ordre par rapport aux composantes de la vitesse, avec la surface libre qui limite le milieu est une arête de cette dernière surface; cette arête peut, d'ailleurs, se dessiner en saillie ou en creux. — M. **Andrade** étudie les conditions de la synchronisation des horloges. — M. **Quénisset** présente une photographie de la comète Borrelly (1903 *c*), prise à son observatoire de Nanterre.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **G. Meslin** mesure le dichroïsme des cristaux, même dans le cas du dichroïsme blanc, en faisant tomber un faisceau de lumière naturelle sur le cristal; les deux composantes, primitivement égales, sont inégalement modifiées par l'absorption et constituent à la sortie un faisceau de lumière partiellement polarisée qui, reçu sur un polariscope a teintes, donne des colorations caractéristiques. — M. **J. Chaudier** a étudié le dichroïsme électrique des liqueurs mixtes; il se produit pour tous les liquides non oxygénés à constante diélectrique faible qui contiennent en suspension des solides à structure cristalline. Il est susceptible d'être caractérisé par un signe qui n'est pas nécessairement identique à celui du dichroïsme magnétique de la même liqueur mixte. — MM. **G. Claude** et **E. Demoussy** ont essayé de séparer par l'action de la force centrifuge les éléments inégalement denses qui constituent l'atmosphère; mais, même à une vitesse de 3.600 tours à la minute, le résultat a été nul. — M. **Ariès** étudie les lois et les équations de l'équilibre chimique. Toute réaction chimique se produit avec la même équivalence entre potentiels moléculaires qu'entre poids moléculaires; notamment, le potentiel de tout corps composé est égal à la somme des potentiels de ses constituants. — MM. **H. Moissan** et **W. Manchot** ont observé qu'à la température de fusion du ruthénium ce métal se combine avec facilité au silicium pour donner un siliciure de formule RuSi, de densité 5,40, parfaitement cristallisé, possédant une grande dureté et très stable en présence de la plupart des réactifs. — M. **A. Gautier** a constaté par la méthode au fer l'existence de traces appréciables d'arsenic dans les eaux de mer, le sel gemme, le sel de cuisine, les eaux minérales, etc. La plupart des réactifs prétendus purs dont on se sert habituellement dans les recherches d'arsenic par les anciennes méthodes : eau distillée, $HAzO^3$, SO^4, bisulfites, ammoniaque, H^2S, contiennent eux-mêmes des traces d'arsenic. — M. **L. Robin** propose une méthode pour la séparation et le dosage simultanés de la baryte, de la strontiane et de la chaux. Le baryum est d'abord précipité à l'état de chromate, puis la strontiane à l'état de sulfate en solution ammoniacale, et enfin la chaux à l'état d'oxalate. — M. **D. Gernez** a reconnu que l'acétone forme avec l'iodure mercurique une combinaison jaune-orangé solide, qui se produit par l'élévation de la température un peu au delà de — 94°,9, mais qui n'est stable que jusqu'à une température inférieure à — 79°. — MM. **P. Sabatier** et **A. Mailhe** ont préparé les dérivés chlorés du cyclohexane obtenu par hydrogénation du benzène : monochlorocyclohexane, Eb. 141°,6-142°,6; dichlorocyclohexanes, Eb. 189° et 196°; trichlorocyclohexanes, Eb. 221, 226° et 233° avec décomposition partielle. — M. **Ch. Moureu** a observé que le phénylpropiolate de méthyle peut fixer, sous l'action du méthylate de sodium, 2 mol. ou 1 mol. d'alcool méthylique, par saturation totale ou partielle de la fonction acétylénique; les composés nouveaux ainsi formés se rattachent aux acides benzoylacétique et cinnamique. — M. **R. Lespieau**, à la suite de ses recherches, considère le cyanure d'allyle comme répondant à la formule CH^2 : CH. CH^2CAz, contrairement à l'opinion généralement admise. — M. **Œchsner de Coninck**, étudiant l'action de l'acide sulfurique sur les quinones-dicétones, pense que la molécule de ces corps, à une température donnée, se coupe entre les groupements CO et les groupements benzéniques; puis ces derniers se décomposent et réduisent H^2SO^4 par leurs groupements CH, ce qui explique le dégagement abondant de SO^2. — MM. **Donard** et **Labbé** ont trouvé que l'albumine du grain de maïs est un mélange de trois matières albuminoïdes distinctes au moins: la maïsine α, soluble dans l'alcool amylique; la maïsine β, soluble dans l'alcool éthylique à 90°; la maïsine γ, insoluble dans ces deux dissolvants. — M. **G. Maneuvrier** recherche et détermine le mouillage des vins par la mesure de la conductibilité électrique. — M. **G. Bertrand**, pour rechercher la présence de l'arsenic dans l'organisme, détruit intégralement les organes dans la bombe calorimétrique, ce qui évite l'addition de réactifs qui pourraient contenir des traces d'arsenic. — MM. **J.-E. Abelous** et **H. Ribaut** montrent que la production d'hydrogène sulfuré par les matières albuminoïdes, les extraits d'organes animaux et les extraits de levure de bière, en présence de soufre, croît avec la température. Ces faits sont absolument contraires à l'hypothèse d'un ferment soluble hydrogénant le soufre.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **C. Phisalix** a reconnu que l'immunité naturelle des vipères et des couleuvres n'est pas absolue; si elle est très élevée quand le venin pénètre par la voie cutanée et péritonéale, elle est beaucoup plus faible quand le venin est mis directement en contact avec le cerveau. — MM. **A. Imbert** et **J. Gagnière** sont parvenus à inscrire l'état variable de la tension du fil de l'ergogramme. Cette tension augmente rapidement au début de chaque contraction et atteint un maximum après un temps très court; puis elle baisse, passe par un minimum et augmente de nouveau pour atteindre sa valeur initiale. — M. **Al. Labbé** a étudié la spermatogenèse chez les Crustacés Décapodes. — M. **J.-A. Janssens** a trouvé dans l'ovaire d'*Arbacia* un parasite qui semble appartenir à la classe des Rhizopodes; il émet d'énormes pseudopodes qui peuvent englober plusieurs œufs. La production de larves géantes paraît être en relation avec la présence de ces pseudopodes. — M. **G. Delacroix** a recherché sur diverses plantes le mode de la formation de la gomme à la suite de piqûres d'insectes. C'est exclusivement le liber qui est le siège de la gommification. — M. **G.-J. Dollfus** a recherché la cause des effondrements qui se sont produits à diverses époques dans la plaine de Sevran; ils paraissent être dus au délayage et à l'enlèvement de la couche de sable profonde par un ruisseau souterrain et à l'affaissement de la nappe calcaire qu'elle supporte.

Séance du 3 Août 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Esclangon** montre que les fonctions quasi-périodiques sont développables en séries uniformément convergentes $\Sigma S_\alpha(x)$, dans lesquelles le terme général $S_\alpha(x)$ est une fonction sim-

plement périodique. — **M. H. Dulac** établit le théorème suivant : Une série dont les termes sont des polynomes homogènes, à un nombre quelconque de variables, définit une fonction holomorphe dans le voisinage de l'origine, à condition que cette série soit uniformément convergente dans le domaine D formé par l'ensemble des valeurs des variables réelles et voisines de 0. — **M. N. Saltykow** montre que, pour tirer des recherches de S. Lie une conséquence relative aux équations aux dérivées partielles, des considérations complémentaires sont indispensables, concernant les relations entre les intégrales des équations canoniques et celles des équations aux dérivées partielles. — **M. J. Mascart** donne de nouveaux coefficients relatifs aux perturbations causées par l'action de Jupiter sur une petite planète.

2° Sciences physiques. — **MM. J. Macé de Lépinay** et **H. Buisson** ont mesuré les changements de phase qui se produisent par réflexion normale dans le quartz sur l'argent. Il s'agit d'un retard de phase qui croît d'abord avec l'épaisseur de la couche d'argent, mais ne tarde pas à atteindre une valeur limite indépendante de l'épaisseur. — **M. V. Legros** présente un focimètre photogrammétrique, destiné à la vérification des microscopes. — **M. L. Torres** décrit un système, nommé *télékine*, destiné à commander de loin la manœuvre d'une machine au moyen d'un télégraphe avec ou sans fil. — **M. E. Wickersheimer** déduit des expériences de Raoult deux nouvelles lois de tonométrie : 1° Les dépenses de chaleur nécessaires pour séparer d'une dissolution une même fraction du dissolvant à l'état solide ou à l'état de vapeur sont dans le rapport du carré des températures absolues de congélation et d'ébullition. 2° Quelle que soit la substance fixe (non électrolyte) dissoute dans un dissolvant donné, la densité de la vapeur saturée de la dissolution est constante, c'est-à-dire indépendante de la nature et du poids de la substance dissoute, lorsque la dissolution est étendue. — **M. A. Bouzat** a tracé les courbes de pression des systèmes univariants qui comprennent une phase gazeuse. A ces systèmes s'applique la loi suivante : Le rapport des températures absolues correspondant à une même pression dans deux systèmes quelconques d'un même groupe est constant quelle que soit la pression. — **M. M. Berthelot** établit et vérifie une nouvelle relation entre la force électromotrice d'un élément de pile à deux ou plusieurs liquides et celles des éléments renfermant un seul liquide, les deux électrodes étant supposées différentes. — **MM. H. Moissan** et **A. Kouznetzow** ont préparé par divers procédés un carbure double de chrome et de tungstène, de forformule $Tu^2C.3Cr^3C^2$. Sa densité est de 8,41. C'est un carbure très stable, inattaquable par les acides et les principaux réactifs et remarquable par sa grande dureté. — **MM. P. Sabatier** et **J.-B. Senderens**, par l'action directe de l'hydrogène en présence du nickel réduit, ont transformé les aldéhydes et les cétones forméniques dans les alcools correspondants. Cette méthode ne donne aucun produit accessoire et fournit un rendement très élevé. — **M. M. François** a dosé la pyridine en solution aqueuse à l'état de chloraurate avec une grande exactitude. — **M. Tarbouriech** a constaté que l'introduction dans sa molécule d'un deuxième radical d'acide fait perdre à la propionamide son caractère basique et la propriété qu'ont les amides primaires de se combiner à certains chlorures métalliques et à l'acide picrique; en présence des acides minéraux, la dipropionamide est rapidement hydrolysée avec transformation en sel ammoniacal. — **MM. L. Bouveault** et **G. Blanc** ont soumis à la réduction, au moyen du sodium et de l'alcool absolu, les éthers-sels des acides à fonction complexe. — **M. J. Allain-Le Canu**, en faisant réagir le bromure d'éthyle sur la phénylhydrazine en solution alcoolique, a obtenu le bromhydrate bibasique de phénylhydrazine, le bromhydrate monobasique et un sel neutre, le bromure de phénylhydrazine diéthylé. — **M. J. Schmidlin** communique ses recherches thermochimiques sur les matières colorantes, en particulier la rosaniline. Il y a, en dehors de la neutralisation, un second phénomène thermique, négatif ou positif, causé probablement par une hydratation ou une déshydratation. — **M. J. Laborde** a constaté que le dosage de l'ammoniaque, par alcalimétrie ou par le platine, dans les moûts et mistelles, donne des résultats parfaitement concordants. — **M. A. Gautier** a reconnu, dans la recherche de l'arsenic, que la quantité de ce métalloïde introduite par les réactifs compense à peu près la perte au cours des manipulations (l'hydrogène sulfuré étant purifié) ; dans ces conditions, l'arsenic paraît bien présent à l'état de minimes traces dans la chair des Mammifères. — **M. A. Desmoulière** rappelle qu'il a déjà montré, avant **MM.** Miele et Willem, le peu de fondement de l'existence d'un ferment dédoublant le salol dans certains laits. — **M. S. Posternak** a constaté que l'acide phospho-organique de réserve des plantes vertes présente des propriétés caractéristiques qui permettent de le différencier facilement des autres combinaisons phosphorées connues. Sa formule est $C^2H^8P^2O^9$.

3° Sciences naturelles. — **MM. J. Bordet** et **O. Gengou**, en inoculant à des cobayes sous la peau le bacille de la tuberculose aviaire, ont observé la production dans leur sang d'une sensibilisatrice, également active vis-à-vis du bacille humain et du bacille aviaire. — **M. U. Duerst** a reconnu que le poids, la grandeur et la forme de la corne sont les facteurs principaux des caractères craniologiques chez les Bovidés et les Ovidés. — **M. A. Billard** a observé qu'il existe des cellules sécrétrices amiboïdes dans l'ectoderme de beaucoup d'Hydroïdes calyptoblastiques, mais la nature de l'excrétion n'a pu être fixée. — **M. L. Bordas** a étudié l'appareil digestif des *Silphidae*, remarquable par sa longueur, ses nombreux replis, l'atrophie du gésier, la structure histologique de l'intestin postérieur et la présence d'une ampoule rectale. — **M. A. Vayssière** décrit les Hétéropodes recueillis pendant les campagnes de l'*Hirondelle* et de la *Princesse-Alice*. — **M. A. Tournouer** a établi que les couches marines du Patagonien sont du Miocène ou de l'Oligocène supérieur; les couches à *Pyrotherium* du Deseado et les couches à *Notostylops* de Casamayor, qui sont au-dessous, sont oligocènes ou éocènes, et celles du Santa-Cruzien, qui sont certainement au-dessus, ne peuvent être plus anciennes que le Miocène. — **M. D.-E. Pachundaki** a étudié la constitution géologique des environs de Mirsa Matrouh (Marmarique). Cette région semble composée par des formations identiques à celles de la région d'Alexandrie, qui seraient venues buter contre le horst miocène du plateau.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 Juillet 1903.

M. **Raymond** présente un Rapport sur un travail du Dr **Delacour** relatif à l'état général dans l'ozène vrai. L'auteur considère l'ozène comme l'aboutissant d'un trouble de la nutrition, survenu d'abord pendant la vie fœtale et qui se continue après la naissance. — **M. du Castel** communique le Rapport sur le concours du prix Ricord. — M. **Kermorgant** présente le Rapport sur le concours du prix Clarens. — **M. Boinet** décrit un drain à valves formant soupape, permettant de pratiquer la thoracentèse sans aspiration. La lenteur de l'évacuation évite les accidents de la thoracentèse ordinaire, qui sont surtout causés par une aspiration trop rapide et prolongée outre mesure. — **M. A. Chantemesse** a constaté que le *phlegmatia alba dolens* des typhiques est le résultat de l'intoxication d'un membre par le chlorure de sodium; l'oblitération d'une veine ne joue que le rôle d'une cause prédisposante. Le régime hypochlorurique produit une amélioration immédiate. — **MM. E. Roux** et **E. Metchnikoff** sont parvenus à inoculer la syphilis à une jeune femelle de chimpanzé; il s'est formé à l'endroit de l'inoculation un chancre qui paraît caractéristique. **M. Fournier**, qui a examiné ce chancre, y a trouvé tous les caractères d'une lésion syphilitique, telle qu'on l'observe

chez l'homme. — M. **Kœnig** lit un travail sur les névrites optiques périphériques et leur traitement chirurgical.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 *Juillet* 1903.

M. **C. Oddo** a reconnu que les conditions de production du pouls dicrote sont : une grande vitesse de décontraction du cœur, un certain degré d'hypotension et une grande élasticité des parois artérielles. — M. **L. Bordas** : Anatomie et structure histologique de l'intestin de quelques *Silphidae* (voir p. 920). — M. **G. Loisel** a étudié les graisses du testicule chez quelques Mammifères; il pense qu'elles ne peuvent être considérées seulement comme un matériel nourricier de l'épithélium séminal, mais comme un produit de sécrétion externe. — M. **Ch. Dhéré** a observé qu'en milieu déminéralisé l'hémocyanine présente, vis-à-vis de la chaleur et de l'alcool, les mêmes allures qu'une albumine quelconque placée dans les mêmes conditions. — M. **M. Nicloux** a constaté que la glycérine ingérée passe en partie dans le sang et de là dans l'urine. La proportion éliminée, l'absorption commençant immédiatement après l'ingestion, est d'environ 25 °/₀. — MM. **F. Mesnil** et **H. Mouton** ont extrait des Paramécies une diastase nettement gélatinolytique et faiblement fibrinolytique, tout à fait comparable aux trypsines. — Les mêmes auteurs ont reconnu que le pouvoir empêchant des sérums de Mammifères paraît être indépendant, dans une large mesure, de la diastase sur laquelle on les fait agir. Le sérum de poule fait toutefois exception. — MM. **G. Donzé** et **E. Lambling** ont trouvé que le « non dosé » organique de l'urine normale représente en moyenne 28 °/₀ des matières organiques totales, c'est-à-dire une fraction bien plus considérable qu'on ne l'admet d'ordinaire. — M. **A. Gautier** : Méthode nouvelle de recherche et de dosage de l'arsenic (voir p. 919). — MM. **Cl. Regaud** et **A. Policard** ont découvert, chez divers Serpents, des diverticules du tube urinipare sans relations avec les corpuscules de Malpighi; ils ont une fonction glandulaire semblable à celle des tubes principaux, mais indépendante de la fonction glomérulaire. — M. **Ch. Féré** poursuit ses recherches relatives à l'influence de lumières colorées alternantes sur le travail. — M. **J. Moitessier** a constaté que le chlorure et le salicylate de lithium à doses minimes n'empêchent pas la précipitation de l'acide urique et des urates; à doses un peu fortes, ils paraissent même la favoriser. Ils ne peuvent donc dissoudre notablement les dépôts uriques formés dans l'organisme. — M. **A. Branca** a découvert chez les Lémuriens en captivité des canalicules séminipares de structure variable, évoluant chacun pour son propre compte. — Le même auteur a observé le mode de croissance des spermatocytes chez le *Lemur rufifrons*. — M. **C. Delezenne** a reconnu que l'action antikinasique des sérums normaux ne présente aucun caractère de spécificité.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 7 *Juillet* 1903.

M. **J. Chaine** a observé l'existence constante, chez les Oiseaux, sauf chez l'Etourneau vulgaire, de la formation tendineuse du dépresseur de la mâchoire inférieure. — M. **Chambrelant** conclut, de quelques expériences, que l'état de gestation n'est pas, comme on l'a avancé, une condition favorable au développement de l'infection tuberculeuse. — M. **H. Girard** a fait l'examen du sang dans un cas de cancer massif du foie; il a constaté : une coagulation extrêmement rapide, une baisse considérable de la teneur en hémoglobine, une leucocytose modérée, une lymphocytose exagérée. — M. **J. Bergonié** a observé, chez un enfant, un cas de suppléance du facial droit par le facial gauche dans la paralysie faciale périphérique. — MM. **E. Bénech** et **L. Guyot** ont étudié l'action de l'extrait glycériné de la muqueuse gastrique du cheval sur la monobutyrine; dans la région cardiaque, l'activité lipasique est beaucoup plus forte que dans la région pylorique. — M. **Tribondeau** a étudié aux îles de la Société la filariose, qui y est très fréquente; elle est toujours causée par la microfilaire dite nocturne. — Le même auteur a étudié l'éléphantiasis au point de vue hématologique ; elle est caractérisée par une mononucléose lymphocytaire, accompagnée d'éosinophilie. C'est une lymphadénie, dont la cause locale est une infection lymphatique récidivante. — M. **R. Dupouy** a constaté que la quinine et les principaux alcaloïdes employés en médecine n'influencent pas *in vitro* d'une manière sensible l'action de l'oxydase contenue dans le sang.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 10 *Juillet* 1903.

M. **Benech** a constaté que la fatigue produite par la marche est, d'une façon générale, sans influence appréciable sur le résultat du tir. — M. **A. Prenant** a étudié la structure des fibres striées de quelques Invertébrés : *Salpa*, *Sagitta*, *Pecten*, Eponge. — Le même auteur communique ses recherches sur la morphologie des cellules épithéliales ciliées qui recouvrent le péritoine hépatique des Amphibiens. — MM. **A. Charpentier** et **Th. Guilloz** ont observé que l'application du courant continu suspend l'empoisonnement strychnique ou, tout au moins, pour de fortes doses, diminue son intensité. — M. **P. Ancel**, en se basant sur le fait que les deux produits issus de la fécondation d'un follicule pluriovulaire sont toujours du même sexe, pense que le sexe est déterminé après la fécondation. — MM. **P. Ancel** et **L. Sencert** ont trouvé, dans 29 °/₀ des cas examinés, une vaste fossette dans l'arrière-cavité des épiploons, qu'ils nomment entonnoir prévestibulaire. M. **A. Weber** a constaté, dans la corde dorsale des embryons de Minioptère, une segmentation qui concorde avec la segmentation générale du corps. — M. **P. Ferret** a reconnu que la cuticule du *Sarcocystis tenella* passe par des aspects très différents et est insuffisante comme base de classification des Sarcosporidies. — M. **R. Collin** a étudié les premiers stades du développement du muscle sphincter de l'iris chez les Oiseaux. — MM. **A. Weber** et **A. Buvignier** ont observé les premières phases du développement de l'appareil pulmonaire chez le Canard. Leurs observations confirment, en partie, celles de Kastschenko sur les embryons de Poulet. — M. **A. Nicolas** a constaté que la polyspermie, chez l'Orvet, est très précoce; mais, dès le début, son intensité est très variable. — MM. **P.** et **M. Bouin** ont étudié l'évolution des spermies chez le Géophile. Elle est caractérisée par la genèse du filament axile qui se développe entre le centriole distal et la membrane cellulaire et par l'énorme développement du centriole proximal. — M. **Th. Guilloz** présente un objectif photophore pour la photographie endoscopique. — M. **Ch. Garnier** a reconnu que l'urine normale et les urines albumineuses ne renferment que des traces de lipase. L'urine ictérique contient dans tous les cas une quantité notable de ferment dédoublant la monobutyrine.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

G. W. Walker : Influence de la température sur l'indice de réfraction des gaz. — Les recherches du Professeur Mascart sur ce sujet sont peut-être les plus étendues parmi celles qui ont été faites jusqu'à ce jour. Ce savant a examiné l'effet de la température sur plusieurs gaz, et il a trouvé qu'en général le coefficient de température est supérieur au coefficient théorique indiqué par la loi de Gladstone et de Dale. L'intervalle de température était, cependant, comparativement faible, et les résultats pour l'air ne concordent pas avec ceux de Lorenz, von Lange et Benoit. Lorenz et Benoit ont trouvé, en effet, un coefficient qui concorde avec la

loi ci-dessus, tandis que von Lange a obtenu un coefficient inférieur à la valeur théorique.

Il était donc à souhaiter que les mesures fussent reprises à nouveau. Les gaz examinés par M. Walker ont été l'air, l'hydrogène, l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'anhydride sulfureux. L'intervalle de température s'étendait de 10° à 100° C.

La méthode employée était la méthode bien connue de Janin, avec des précautions spéciales pour obtenir des mesures précises et afin d'être sûr que la composition du gaz ne variait pas pendant les divers changements de pression et de température auxquels les tubes contenant les gaz étaient soumis. L'auteur a obtenu une précision d'environ 1/600.

Les résultats sont brièvement indiqués dans les tableaux suivants ; l'on remarquera que les coefficients de température sont sensiblement inférieurs à ceux obtenus par Mascart.

Tableau I. — *Valeur absolue de μ pour la ligne D à 760 millimètres et 0° C.*

OBSERVATEUR	AIR	HYDROGÈNE	ACIDE carbonique	AMMONIAQUE	ANHYDRIDE sulfureux
Mascart.	1,0002927	1,000139	1,000454	1,000379	1,0007038
Lorenz .	—	1,000139	—	1,000373	—
Ketteler.	—	1,000143	1,000449	—	1,000686
Dulong .	1,000294	1,000138	1,000449	1,000385	1,000665
Walker.	1,0002928 ± 3	1,0001407 ± 15	1,0004510 ± 5	1,0006758 ± 4	1,0006758 ± 4

Tableau II. — *Coefficients de température de l'indice de réfraction.*

	AIR	HYDROGÈNE	ACIDE carbonique	AMMONIAQUE	ANHYDRIDE sulfureux
Coefficient du volume d'expansion. . .	0,00367	0,00366	0,00371	0,00382?	0,00390
Mascart . . .	0,00382	0,00378	0,00406	—	0,00460
Walker . . .	0,00360 ± 3	0,00350 ± 3	0,00380 ± 3	0,00390 ± 3	0,00416 ± 2

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 16 Juillet 1903.

M. Branco étudie la question des crevasses volcaniques, dont l'indépendance vis-à-vis des crevasses préexistantes est, selon lui, désormais démontrée. L'hypothèse d'une forte pression dans la croûte terrestre ainsi que d'une plasticité des minéraux n'expliquerait guère l'existence des crevasses découvertes dans les profondeurs, tandis que ces dernières pourraient très bien être dues à des tensions internes de la croûte terrestre. — **M. O. Venske** a fait la théorie des courbes à trois dimensions dont la courbure première est une fonction donnée de la longueur de l'arc. Voici le problème qu'il traite plus particulièrement : Une courbe à trois dimensions étant soumise à la condition d'avoir sa longueur et son point initial donnés, déterminer la portion de l'espace où se trouve le point final, dans le cas où la tangente initiale aurait une direction donnée et où la courbure première serait une fonction également donnée de la longueur de l'arc.

Séance du 23 Juillet 1903.

M. Engelmann a repris une expérience de M. Stannius. Des essais graphiques et chronométriques sur un cœur de grenouille à double suspension ont donné la preuve que les phénomènes d'arrêt du cœur observés par M. Stannius sont dus, non pas à l'excitation des appareils d'arrêt, mais à l'interruption de la conduction motrice du domaine sinusoïdal aux compartiments antérieurs. Les pulsations spontanées du cœur, commençant le plus souvent quelque temps après que l'arrêt est arrivé, peuvent provenir de causes diverses. Dans le cas où la ligature est suffisamment tendue et occupe une position pas trop élevée, les points d'origine sont presque toujours situés dans les ponts musculaires réunissant les compartiments antérieurs aux compartiments proprement dits, généralement à proximité des muscles de ces derniers et en dessous des ganglions de Bidder. — MM. **C. Runge** et **J. Precht** ont étudié le phénomène observé par MM. Curie et Laborde, que le chlorure de radium dégage continuellement de la chaleur ; les auteurs essaient de vérifier si l'énergie cinétique des particules électriquement chargées émises par les sels de radium est du même ordre de grandeur, en comparant, comme l'ont fait les deux physiciens français, l'émission calorifique du sel de radium à celle d'une petite spirale de platine traversée par un courant électrique. Dans une expérience ultérieure, ils introduisent les deux sources calorifiques à l'intérieur d'une capsule de plomb. Ces recherches font voir que l'énergie cinétique des particules électriques émises par le radium et arrêtées par l'enveloppe en plomb n'est qu'une faible fraction de la quantité de chaleur développée par le radium ; il paraît que l'énergie des corpuscules est inférieure à la vingtième partie de l'énergie calorifique. Les auteurs font remarquer que, si le dégagement de chaleur était proportionnel à la teneur en radium pur et indépendant de tout autre élément du sel, l'évaluation calorifique donnerait un excellent moyen de déterminer le poids atomique. Pour faire comprendre les quantités d'énergie si élevées que ces substances dégagent continuellement, les auteurs rappellent les lois de l'électrolyse et les valeurs extrêmement élevées que doivent prendre les forces d'attraction et de répulsion des atomes et des électrons électriquement chargés, ainsi que les quantités d'énergie dégagées dans une transposition des particules ultimes.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 2 Juillet 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. Sobotka** : Le problème des normales des sections coniques. — **M. A. Lampa** a recherché comment se comporte un anneau-tourbillon en traversant la surface de séparation de deux milieux différents. Dans tous les cas, l'anneau poursuit sa trajectoire en ligne droite, sans réfraction. Dans le cas de liquides non miscibles, l'anneau prend dans le second milieu la forme de gouttes ; dans le cas de liquides miscibles, il continue en se mélangeant au liquide environnant. Dans les deux cas, l'équilibre de la surface de séparation n'est presque pas modifié.

2° Sciences physiques. — **M. W. Muller-Erzbach** : La tension de vapeur de la vapeur d'eau d'après la vitesse d'évaporation. — **M. P. F. Schwab** a mesuré pendant six ans l'intensité chimique de la lumière du ciel et de la lumière solaire à Kremsmunster. Le rapport des intensités du rayonnement chimique du Soleil et du rayonnement diffus de toute la surface du ciel est le suivant. Si l'on représente par 100 le rayonnement diffus, on a pour le rayonnement solaire seul : en janvier, 44 ; février, 82 ; mars, 106 ; avril, 118 ; mai, 127 ; juin, 146 ; juillet, 122 ; août, 110 ; septembre, 98 ; octobre, 78 ; novembre, 45 ; décembre, 30. Jusqu'à une hauteur solaire moyenne de 38°, l'intensité chimique de la lumière du ciel sur une surface horizontale est plus grande que celle de la lumière solaire. L'exposition au Nord jouit d'une intensité chimique lumineuse plus de trois fois moindre que l'exposition au Sud. — **M. F. Ratz** : Action de l'acide nitreux sur les amides de l'acide malonique et de ses homologues (1). — **M. R**

Scheuble, en réduisant par le sodium l'amide de l'acide sébacique en solution dans l'alcool amylique bouillant, a obtenu, à côté d'un peu de décaméthylènediamine, une grande quantité de décaméthylèneglycol (décane-1 : 10-diol), F. 70°, Eb. 179° sous 15 millimètres. — M. **K. Klöss**, en faisant agir l'eau sur le bromure de méthylène, en présence ou non d'oxyde de plomb, n'a obtenu que de la formaldéhyde, et jamais le glycol éthylénique. — M. **A. Silberstein**, en faisant réagir l'isobutyro-formaldol sur l'acide malonique en présence d'ammoniaque alcoolique, a obtenu un acide lactonique $C^8H^{12}O^5$, correspondant à un acide bibasique $C^8H^{14}O^6$, et une lactone non saturée $C^7H^{10}O^2$, correspondant à un oxyacide monobasique non saturé, $C^7H^{12}O^3$. — MM. **J. Mauthner** et **W. Suida** poursuivent leurs recherches sur la cholestérine. L'acétate de cholestéryle, traité par le nitrite de soude et l'acide nitrique, fournit de l'acétate de nitrocholestéryle, $C^{29}H^{46}AzO^4$, qui, par réduction, donne l'acétate de cholestanonol, $C^{27}H^{44}O^2$. Le chlorure de nitro-cholestéryle donne, par réduction, la chlorocholestanone $C^{27}H^{43}ClO$. La cholestérine forme avec les acides des sortes de sels, en particulier un oxalate neutre$(C^{27}H^{44}O)^2$. $C^2H^2O^4$. Le cholestérylène $C^{27}H^{42}$ peut s'obtenir par distillation du chlorure de cholestéryle avec la chaux ou par chauffage avec la quinoline. — M. **T. Filipescu** : Contribution à l'étude des tabacs d'Herzégovine et de Macédoine.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Holzknecht** a étudié la dermatite provoquée par l'action des rayons du radium. Dans la téléangiectasie superficielle, l'action de ces rayons produit l'oblitération des ectasies vasculaires et conduit à la guérison. — M. **S. von Schumacher** communique ses recherches sur le développement et la structure des *bursa Fabricii* ; il y a trouvé des lymphocytes de cellules épithéliales d'origine entodermale. — M. **Th. Pintner** poursuit ses recherches sur les Tétrarhynques. Il décrit le *Rynchobothrius adenoplusius*, larve de Tétrarhynque caractérisée par deux systèmes de glandes particulières : les glandes frontales et les glandes des nageoires. — M. **Ed. Mazelle** présente ses observations de tremblements de terre à Trieste en 1902. On remarque dans les secousses une période annuelle double, avec un maximum en février et en août. — M. **G. Geyer** communique les observations géologiques faites pendant le percement du tunnel de Bosruck.

Louis Brunet.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 Juin 1903

1° Sciences mathématiques. — M. **E. F. van de Sande Bakhuyzen** : *Recherches sur les erreurs des tables lunaires de Hansen-Newcomb dans les années 1895-1902*. En 1901 et 1902, M. C. Sanders a déterminé des longitudes à la côte occidentale de l'Afrique à l'aide de distances lunaires; pour lui procurer des positions de la Lune aussi précises que possible, M. Bakhuyzen a entrepris cette recherche. 1. Introduction. 2. Les erreurs en longitude. 3. Les erreurs en latitude.

2° Sciences physiques. — M. **J. D. van der Waals** : *L'état fluide et l'équation d'état*. A plusieurs reprises, on a démontré que l'équation d'état ne représente que qualitativement la marche des phénomènes, si l'on suppose que les quantités a et b qui y entrent sont constantes. En particulier, M. D. Berthelot, en comparant l'équation aux recherches expérimentales d'Amagat, a mis en lumière le fait que quelques lignes, par exemple celle qui fait connaître les points où pv est minimum, présentent des déviations assez considérables. Cette circonstance a conduit à supposer que les quantités a et b sont des fonctions de la température et du volume. Déjà, Clausius avait jugé nécessaire cette modification, et, au lieu de supposer constante la quantité a de l'acide carbonique, il la multipliait par $\frac{278}{T}$; la tension de vapeur surtout exige cette modification. D'ailleurs, l'auteur lui-même a montré dès le commencement que, si a est probablement constante, b doit être variable. En s'appuyant sur les données expérimentales déduites par Andrews, d'une part, et sur la théorie, d'autre part, il a fait voir que la quantité b diminue quand le volume décroît. Ainsi, il évaluait b pour l'acide carbonique à l'état gazeux (13°,1) à 0,00242, tandis que, pour l'état fluide, il trouvait une valeur descendant jusqu'à 0,001565. Cependant, il a été obligé plusieurs fois de considérer b comme constante, la loi de la variation de cette quantité étant inconnue. Dans cette communication, M. van der Waals se propose de démontrer que, dans l'hypothèse admise à l'origine, c'est-à-dire a constante et b fonction du volume, les grandes déviations disparaissent pour la plupart et que, dès à présent même, on peut énoncer une loi de dépendance de b et du volume qui procure des valeurs numériquement exactes dans plusieurs cas, même pour l'état fluide à des températures assez basses. La question de savoir par quelle espèce de modification l'équation d'état aux quantités constantes a, b peut mener à une tension de vapeur plus basse peut être attaquée de la manière suivante : Chaque modification qui diminue la pression d'une quantité d'autant plus considérable que le volume est plus petit satisfait aux exigences. Soient, dans le diagramme de la figure 1, la ligne noire l'isotherme pour des valeurs constantes de a et b, et la droite AB (qui détermine au-dessous à gauche et au-dessus à droite des aires égales ACE, EDB) la droite des phases coexistantes; soient C et D les phases à pressions minimum et maximum. Construisons la ligne pointillée de manière qu'elle coïncide avec cette isotherme pour des valeurs considérables du volume, mais qu'elle s'en éloigne dans la direction des pressions négatives d'autant plus que le volume diminue. Alors le point C' s'est déplacé vers la gauche, le point D' vers la droite. Mais, ce qui est plus important, la droite A'B' des phases coexistantes s'est abaissée, et A' se trouve à gauche de A, B' se trouve à droite de B. De cette manière, la question est, il va sans dire, résolue d'une façon trop générale. En l'approfondissant davantage, l'auteur parvient à l'équation :

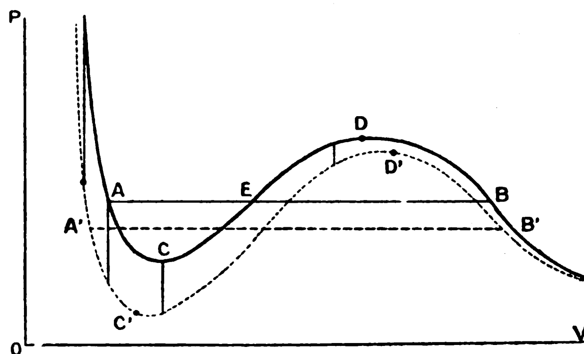


Fig. 1. — *Diagramme relatif à l'équation d'état à l'état fluide.*

$$\frac{b - b_0}{v - b} = 1 - \left(\frac{b - b_0}{b_g - b_0}\right)^2,$$

où b_g et b_0 représentent les valeurs limites de b, b_g correspondant à un volume infini et b_0 au volume minimum. L'auteur compare alors l'hypothèse $b_g = 2b_0$ aux données expérimentales et théoriques; il s'occupe d'abord de la tension de la vapeur saturée; ensuite il considère les coefficients de dilatation et de compressibilité des fluides. Enfin, dans un post-scriptum, il fait mention de quelques résultats de M. G. Teichner sur la substance CCl^4. — M. H. W. Bakhuis Roozeboom présente au nom de **M. J. J. van Laar** : *Sur les formes possibles de la ligne de fusion de mélanges binaires de substances isomorphes*. On a prétendu plus d'une fois

que l'existence des points eutectiques dans les lignes de fusion n'est pas compatible avec l'hypothèse d'une isomorphie parfaite des deux composantes solides et de leurs mélanges. La discontinuité de la série des mélanges solides (fig. 2) ne se présenterait que chez les substances isodimorphes; dans le cas de substances isomorphes, la série des mélanges serait nécessairement continue (fig. 3). Dans ce qui suit, l'auteur montre qu'au contraire la discontinuité de la série des mélanges se présente tout aussi bien chez les substances parfaitement isomorphes, en faisant remarquer que, surtout dans la phase solide, des états labiles existent l'un à côté de l'autre et qu'il est possible, dans tous les cas, de poursuivre la ligne de fusion d'une manière continue à travers le point eutectique C. Alors seulement les états stables, situés ordinairement au-dessus du point eutectique, sont réalisables; ainsi ce n'est qu'à un point de la première hypothèse a gagné du terrain. D'un autre côté, il faut bien avouer que l'existence d'hydrates de sels dans une solution aqueuse n'a pas été démontrée rigoureusement, même s'il reste vraisemblable que les solutions, qui engendrent des hydrates par cristallisation et qui sont en équilibre avec des hydrates, contiennent déjà comme tels ces hydrates dans une certaine proportion. Comme on pouvait s'attendre à ce que l'étude de solutions d'hydrates de sels dans une autre matière dissolvante conduisît à la solution de la question posée, M. Lobry de Bruyn s'est occupé (et cela depuis 1893) de déterminations de l'élévation du point d'ébullition de quelques hydrates de sulfate de nickel dans l'alcool méthylique absolu; il trouva que probablement une partie de l'eau (environ trois molécules) se combine avec le $NiSO^4$. Les deux auteurs donnent ici les résultats d'une répétition de ces expériences,

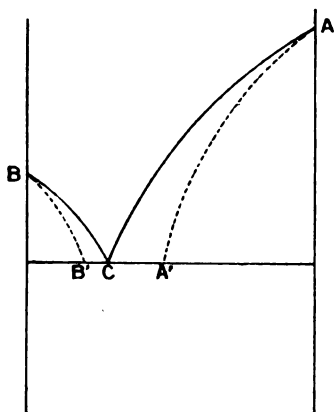


Fig. 2.

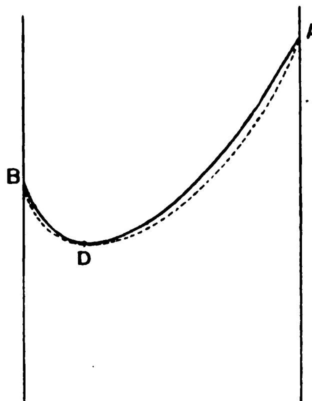


Fig. 3.

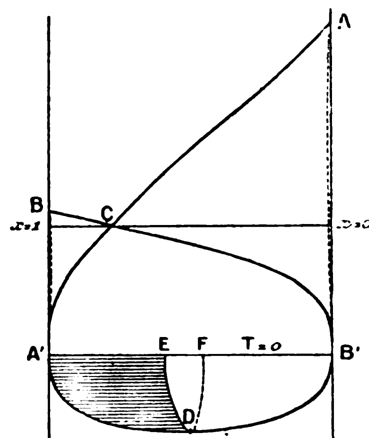


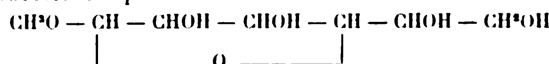
Fig. 4.

Fig. 2 à 4. — *Formes possibles de la ligne de fusion de mélanges binaires de substances isomorphes.*

vue de pratique que la série des mélanges est interrompue. L'auteur étudie successivement : Les équations :

$$T = T_1 \frac{1 + [\beta x^2 - \beta' x'^2]}{1 + \frac{RT_1}{q_1} \log \frac{1 - x'}{1 - x}} = T_2 \frac{1 + \frac{q_1}{q^2} [\beta (1 - x)^2 - \beta' (1 - x')^2]}{1 + \frac{RT_2}{q_2} \log \frac{x'}{x}},$$

où $T = f_1(x)$ et $T = f_2(x')$ représentent des courbes; La supposition simplifiante $\beta = 0$; La courbe continue AA'DB'B (fig. 4) représentée par $T = f_1(x)$; La courbe discontinue DEF avec l'équation $T = f_2(x')$; La déformation de la courbe continue dont C forme le point eutectique. — **M. H. Kamerlingh Onnes** : *Méthodes et ressources en usage dans le Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde.* VI. La circulation de chlorure de méthyle. 1. Le vase d'ébullition. 2. Le cycle de chlorure de méthyle. 3. Courant d'une solution de chlorure de calcium à des températures constantes au-dessous de zéro. — **M. J. M. van Bemmelen** : *Composés d'absorption capables de se transformer en combinaisons chimiques ou en solutions.* Examen de quelques colloïdes et hydrogels. — **MM. C. A. Lobry de Bruyn** et **C. L. Jungius** : *L'état des hydrates de sulfates de nickel en solution méthylalcoolique.* Le problème ancien du rapport entre la substance dissoute et la matière dissolvante a été résolu de deux manières. D'un côté, surtout dans ces dernières années, on a formulé l'opinion que la matière dissolvante n'agit que comme agent délayant, séparant les molécules dissoutes les unes des autres sans se combiner d'une manière intime avec elles; de l'autre côté, on a soutenu que les molécules de la matière dissoute s'attachent plus ou moins à la matière dissolvante. Grâce surtout au développement récent de la théorie des ions, spécialement pour les solutions de sels ou d'hydrates de sels dans l'eau, complétées par des expériences nouvelles. Ils trouvent que les hydrates de sulfate de nickel en solution méthylalcoolique perdent leur eau de cristallisation à une molécule près, ce qui les amène à la conclusion que, dans le cas de solutions concentrées et saturées d'hydrates, la molécule du sel entre en combinaison plus ou moins solide avec les molécules d'eau, de manière que les hydrates se trouvent déjà comme tels dans les solutions d'où ils cristallisent. Evidemment, il règne dans ces systèmes de solutions un état d'équilibre extrêmement compliqué. — **MM. C. A. Lobry de Bruyn** et **C. L. Jungius** : *Le pouvoir de conduction des hydrates de sulfate de nickel en solution méthylalcoolique.* La détermination du pouvoir de conduction des hydrates en question est importante à deux titres : d'abord au point de vue des modifications éventuelles dans l'état de la matière dissoute après un laps de temps plus ou moins considérable, ensuite par rapport au degré de la dissociation électrolytique. Les expériences ont porté sur $NiSO^4$ 7 aq., $NiSO^4$ 6 aq. α, $NiSO^4$ 3 aq. 3 CH^4O et $NiSO^4$ 1 aq. — M. Lobry de Bruyn présente au nom de **M. C. L. Jungius** : *La transformation mutuelle des deux méthyl-d-glucosides stéréoisomères.* L'auteur recherche lequel des deux glucosides répondant à la formule :



est la forme stable.

(*A suivre.*) P. H. SCHOUTE.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 18 30 SEPTEMBRE 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La Voie lactée. — Etendant ses précédentes recherches sur les rapports qui existent entre la densité stellaire et l'intensité de la lumière galactique, M. Easton vient d'étudier, pour toute la Voie lactée boréale, la distribution de la lumière galactique et de la comparer à celle des étoiles relativement brillantes. Nous ne pouvons entrer ici dans les détails de ces classifications et dans des tableaux de densités relatives, qui exigent plus de soins qu'ils ne soulèvent de difficultés; en fait, l'image de la distribution stellaire, prise dans ses grandes lignes, reste constante jusqu'aux limites de la visibilité; dans les étoiles microscopiques de la Voie lactée, on retrouve les grandes agglomérations stellaires de Stratonoff, et, même pour les groupes d'étoiles les plus brillantes, il y a parallélisme entre les étoiles d'Argelander et la distribution de la lumière galactique.

« On peut en inférer, dit l'auteur, que ce sont là des agglomérations réelles, assez cohérentes, et que notre système stellaire ne se compose pas d'une infinité de groupes éparpillés un peu partout et indépendants les uns des autres. Mais il ne s'ensuit pas que ces agglomérations se trouvent toutes à la même distance de nous. »

De son maximum de densité stellaire et galactique dans α Cygne, l'agglomération se prolonge jusque dans Céphée, et cette partie est relativement proche de nous, tandis que la région pauvre en belles étoiles, mais plus brillante, comme le voisinage de l'Aigle et de l'Ecu, paraît beaucoup plus éloignée.

§ 2. — Physique

Théorie de l'état critique. — Parmi les théories de l'état critique formulées dans ces dernières années, nous croyons particulièrement intéressante celle de M. Traube; aussi nous profitons d'une récente publication de cet auteur[1] pour donner un aperçu de ses vues.

L'auteur se base sur l'hypothèse que les *atomes* seraient *compressibles*, hypothèse qui, loin d'être gratuite, trouve une confirmation dans le fait observé par M. Traube que le volume atomique d'un élément dans les diverses combinaisons où il peut entrer n'est point constant, mais varie d'une substance à l'autre, étant d'autant plus petit que l'attraction pour les atomes voisins est plus grande. Ce fait, soit dit en passant, est d'autant plus plausible qu'il résulte des recherches du même auteur qu'une pression *externe* peut produire une compression analogue des atomes; or, les pressions *internes* sont de l'ordre de 1.000 atmosphères. Lorsque, dans la vaporisation d'un liquide, cette pression tombe subitement à la valeur de zéro, les atomes comprimés devront éprouver une expansion *discontinue*; il s'établira donc une augmentation, non pas seulement du covolume, mais encore du volume propre des molécules.

Les récentes expériences de M. Teichner[1] sont venues mettre en évidence l'existence, à la température critique et en dessus de cette dernière, de *deux matières différentes*, l'une gazeuse, l'autre liquide, *la température critique étant celle à laquelle un mélange en proportions quelconques de ces deux matières devient possible.*

L'auteur a rendu compte de la nature de ces deux matières au moyen de l'hypothèse précitée et sans avoir recours aux phénomènes critiques. Les « *gasons* » seraient, en effet, d'un volume bien plus grand que les « *fluidons* », qui, pour passer à l'état de gaz parfait, devraient, au préalable, se changer en *gasons*, en *augmentant leur volume ainsi que leur pression*; *le troisième volume et la partie moyenne de l'isotherme de M. J. Thomson se trouveraient ainsi réalisés.*

En dessous de la température critique, la solubilité des fluidons dans la phase gazeuse, ainsi que celle des gasons dans la phase liquide étant limitées, il s'établira un mélange de vapeurs et de liquides homogènes, mélange dont la proportion sera fonction de la température. Les gasons pourront s'échapper du liquide, leur nombre donnant la mesure de la pression gazeuse; il faudra, cependant, un certain temps pour que l'équi-

[1] Voir *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 21, p. 569-576, 1er août 1903.

[1] Voir le *Compte rendu de la Soc. all. de Phys.*, séance du 26 juin 1903.

libre s'établisse. Comme la température à laquelle disparaît le ménisque est celle à laquelle la densité du liquide égale celle du gaz, il n'y a qu'*une* densité critique.

Lorsque, au contraire, les expériences sont disposées de façon à empêcher le mélange des deux matières, cette égalité de densités correspond à une température plus élevée. L'auteur croit prématuré de trancher la question d'une coïncidence possible de ce point critique supérieur avec la température qu'il définit température de gazéification absolue, et à laquelle les gaz ne contiendraient que des gasons.

MM. Ramsay et Steele[1] viennent d'appliquer une méthode de M. Berthelot aux vapeurs de l'éther éthylique, du benzène, etc., dont ils ont déterminé les densités pour des températures variant entre 100 et 130° et pour des pressions très basses (40 millimètres au maximum). Ces expériences, très soigneuses, donnent ce résultat surprenant que, même à la condition idéale $p = 0$, le théorème d'Avogadro n'est pas rigoureusement exact, les valeurs $\frac{d(pv)}{dp}$ augmentant, à température constante et pour une vapeur donnée, en même temps que la pression et en raison inverse de la température. Les auteurs admettent, pour rendre compte de ces phénomènes, l'existence de deux matières essentiellement différentes, l'une gazeuse, l'autre liquide, les gaz renfermant des particules liquides au-dessous d'une certaine température. Cette température, dans l'hypothèse de M. Traube, ne serait autre que le point de gazéification absolue. Comme, dans les expériences de M. Berthelot sur les densités de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène, ce point se trouvait dépassé, ce savant a pu confirmer la loi d'Avogadro en toute rigueur.

§ 3. — Électricité industrielle

Transport de force à 30.000 volts du Mont Cenis à Turin (Italie). — La Société des Forces motrices du Mont-Cenis a entrepris le transport à Turin de l'énergie électrique produite à l'aide des chutes du torrent le Cenischia, qui coule sur le versant italien des Alpes et s'alimente aux différents glaciers de ces montagnes.

La chute utilisée présente une hauteur totale de 865 mètres pour un débit de 1.000 litres par seconde, soit un produit brut de 11.500 chevaux, qu'il sera possible encore d'élever jusqu'à 16.000 chevaux par l'aménagement du lac du Mont-Cenis, qu'un barrage pourrait transformer en régulateur de débit.

Il existe déjà des exemples, très peu nombreux cependant, d'utilisation directe de chutes de 800 à 900 mètres de hauteur; mais la Société des Forces motrices du Mont-Cenis ne s'est pas arrêtée à ce mode d'utilisation directe, et a décidé de répartir l'utilisation de l'énergie électrique entre deux usines, dont l'une vient d'être établie à la partie inférieure de la chute, la seconde devant être créée lorsque l'augmentation de la puissance utilisée à Turin l'aura rendue nécessaire.

L'usine comporte trois groupes électrogènes de 1.600 chevaux, dont un de réserve, et présente la place disponible pour deux nouveaux groupes, qui seront installés dès que le besoin s'en fera sentir.

Chaque groupe comprend une turbine de 1.600 chevaux, du système Picard et Pictet, commandant directement un alternateur triphasé de 1.400 kw., système Thomson-Houston. La chute utilisée par cette première usine est de 420 mètres. Les machines développent leur puissance nominale à la vitesse de 500 tours par minute, et les alternateurs débitent 270 ampères sous 3.000 volts, à la fréquence de 50 périodes par seconde.

Les poids et rendements sont les suivants :

Poids de chaque alternateur	33.000 kgs.
Rendement à pleine charge.	96,5 %
— à 3/4 de charge.	96 %
— à 1/2 charge	95 %

L'excitation des alternateurs est séparée, et faite sous 110 volts par des groupes électrogènes de 75 kw., commandés par turbines spéciales, tournant à 600 tours.

La production directe du courant à 30.000 volts était certainement possible, et il existe au moins un exemple d'installation à voltage presque aussi élevé, en France même, dans la région de la « Houille Blanche », à Avignonnet, où les alternateurs du Creusot produisent directement le courant à 26.000 volts. Cependant, la production directe d'un courant de tension aussi élevée dans les alternateurs présente des inconvénients, et trouve en général peu de faveur auprès des constructeurs.

La ligne exigeant, pour franchir la distance de 64 kilomètres qui sépare de Turin l'usine génératrice, la tension de 30.000 volts, on l'obtient par transformateurs élevant de 3.000 à 30.000 le voltage des machines. Ces transformateurs sont de construction allemande, mais d'un type qu'on rencontre non seulement sur le Continent, mais encore aux Etats-Unis : le type à bain d'huile et à circulation d'eau. L'ensemble du noyau et des enroulements réalise le type de transformateurs appelé type « Cuirassé ».

Cet ensemble est plongé d'une façon permanente dans une cuve pleine d'huile. Cette huile assure d'abord un excellent isolement, et les courants de convexion qui s'y produisent facilitent l'élimination de la chaleur produite par effet Joule dans les enroulements; pour activer encore cette élimination de chaleur, on dispose, à la partie supérieure de l'huile et au-dessus du transformateur proprement dit, des serpentins dans lesquels un courant d'eau est maintenu en circulation continue par des pompes à commande électrique.

Le tableau de distribution de l'usine est composé de panneaux séparés, comme dans les installations modernes les plus perfectionnées, car il est reconnu que ces panneaux assurent mieux que tout autre mode de construction l'indépendance voulue des groupes de machines ou des groupes de lignes d'un réseau et rendent plus facile la réalisation des extensions futures.

Ces panneaux présentent, comme les machines, l'avantage de n'offrir sur la face avant, au voisinage du marbre qui les compose et auquel le personnel peut avoir accès, que des connexions à très basse tension, 110 volts. On voit que là, comme pour les alternateurs, on a évité la trop grande multiplicité des connexions à très haute tension.

Des transformateurs, interposés partout entre les lignes à haute tension et les appareils, ampèremètres, voltmètres, etc., permettent de réaliser facilement cet avantage, d'ailleurs assez bien reconnu de nos jours et assez généralement réalisé dans les installations modernes à haute tension.

La ligne de transport de force et les installations réceptrices de Turin représentent elles-mêmes un type d'installation assez perfectionné, mais dont il existe cependant déjà plusieurs exemples sur le continent.

A propos de la traction électrique par accumulateurs en Italie. — M. Enrico Bignami nous adresse, au sujet de l'article que nous avons publié sur la traction électrique par accumulateurs en Italie[1], les quelques remarques rectificatives et complémentaires qui suivent :

« Les lignes Bologne-Modène et Bologne-San-Felice appartiennent à la *Compagnie des Chemins de fer* m-

[1] *Zeitschr. Phys. Chem.*, p. 348, 1903.

[1] Voir la *Revue* du 15 août 1903, t. XIV, p. 798.

ridionaux (et non Méditerranéens) et ne sont pas précisément des lignes à trafic réduit.

« Les voitures électriques de la Compagnie sont aujourd'hui en service depuis plus de trente mois, le service ayant été inauguré en décembre 1900 ; l'économie réalisée sur la traction à vapeur est de 20 %.

« Les voitures pèsent 45 tonnes et sont les plus légères parmi les voitures à accumulateurs construites jusqu'ici pour les chemins de fer. La batterie ne pèse que 8 tonnes. La mise en parallèle est réduite à l'instant seul du démarrage et dure tout au plus dix secondes ; il ne pourrait résulter d'inconvénients de ce mode de commande que si 20 % au moins des éléments avaient un potentiel nul.

« La consommation de 12,5 watts-heure est la consommation *moyenne*; on l'obtient en divisant les kilowatts-heure consommés par les tonnes-kilomètres parcourus. La ligne ayant une pente de 6 %, on ne peut pas fixer le coefficient moyen de traction en considérant seulement les expériences faites sur des tronçons de pente différente. Le coefficient trouvé de 4,3 kilogs est relatif à des tronçons dont la pente est de 5 %; ce n'est donc pas le coefficient moyen, qui est en réalité de 3,7 à 3,8 kilogs. Les plaques peuvent suffire à un parcours de 20.000 kilomètres.

« Dans le prix de 0,71 franc par train-kilomètre est comprise la dépense relative au personnel voyageant; on en a seulement exclu les dépenses générales d'administration, qui, du reste, ne sont également pas comprises dans le prix de 0,97 franc. Ce dernier prix n'est pas si élevé qu'on pourrait le croire. Le prix moyen du train-kilomètre en Italie, sur les chemins de fer Adriatiques, est d'environ 1,80 franc. Quant à la variation du poids, on peut objecter que, pour le même service, on dépense 0,76 franc avec les accumulateurs et 0,97 franc avec la vapeur.

« En somme, le service par accumulateurs semble applicable dans tous les cas où il faut beaucoup de trains de petite composition pour satisfaire aux exigences du public. Les automotrices sont même particulièrement indiquées pour les lignes à grand trafic, dans le but de décharger d'une partie de ce trafic les trains à vapeur à long parcours ».

§ 4. — Chimie biologique

L'activité optique de l'hémoglobine et des nucléoprotéides. — Le pouvoir rotatoire *lévogyre* des matières albuminoïdes était considéré jusqu'ici comme une propriété commune à tous les composés de cette famille, et l'on étendait implicitement cette règle à ce groupe de matières albuminoïdes complexes que, depuis Hoppe-Seyler, on appelle protéides, et qui sont formées par l'union d'une ou de plusieurs molécules d'une albumine avec un groupe *prosthétique*, matière colorante comme l'hématine, ou composé phosphoré comme les acides nucléiques, etc...

Voici qu'en étudiant les dissolutions d'oxyhémoglobine à l'aide d'une source lumineuse constituée par des rayons rouges, M. Arthur Gamgee et ses collaborateurs[1] ont constaté que ce protéide est nettement dextrogyre, et que, pour la raie C, le pouvoir rotatoire spécifique est : $[\alpha]_C = +10°,0$ pour une dissolution à 1,223 %. Pour l'hémoglobine oxycarbonée, $[\alpha]_C = +10°,8$ pour une dissolution à 0,92 %. Pour la globine, au contraire, c'est-à-dire pour la matière albuminoïde qui résulte du dédoublement de l'oxyhémoglobine avec production d'hématine, $[\alpha]_C = -54°,2$ pour une dissolution légèrement acétique à 2,4 %, et $[\alpha]_D = -65°,5$ pour une dissolution alcoolique légèrement acide à 0,98 %.

En étendant ces recherches à d'autres protéides, MM. Gamgee et W. Jones[2] ont constaté que, pour le nucléoprotéide du pancréas, $[\alpha]_D = +37°5$ et, pour celui des capsules surrénales, $+48°,1$. Ce pouvoir dextrogyre se retrouve plus marqué encore pour la nucléo-albumine qui résulte du dédoublement du nucléo-protéide du pancréas ($[\alpha]_D = +64°,4$), et pour le produit, encore plus simplifié, que l'on peut obtenir par coagulation de cette nucléo-albumine ($[\alpha]_D = +81°,1$).

C'est là un caractère physique nouveau, tout à fait inattendu. Il facilitera notablement la séparation et la détermination précise de composés que les tissus vivants nous fournissent toujours sous la forme de mélanges très complexes et accompagnés notamment d'un grand nombre de matières albuminoïdes.

§ 5. — Sciences médicales

Le fou rire prodromique. — Le rire est un phénomène physiologique qui traduit les émotions agréables; il varie d'intensité depuis le sourire jusqu'au fou rire. Sous cette dernière forme, il appartient souvent à la Pathologie.

Le *fou* rire mérite bien sa qualification; il paraît tenir de la folie, non seulement en raison de l'intensité de ses manifestations, de sa durée, de sa tendance à se reproduire indéfiniment, mais surtout en raison de la futilité de ses causes. C'est l'explosion convulsive, bruyante et prolongée, d'une émotion sans cause apparente, souvent intempestive ou même tout à fait contradictoire.

Le fou rire débute ordinairement d'une manière brusque; mais il peut, comme le rire ordinaire, être précédé d'une *aura*. Les spasmes respiratoires et faciaux s'étendent rapidement au tronc, aux membres, à tout le corps; le sujet se tord, se roule, saute, gambade. Les muscles viscéraux peuvent prendre part à ce spasme généralisé : on observe des mictions involontaires chez les femmes. L'excitation paraît s'étendre aux glandes : les larmes coulent, on rit « aux larmes ». Les spasmes respiratoires rendent le sujet impropre à tout effort; il est incapable de résistance, il ne tient plus sur ses jambes et s'accroupit dans les attitudes les plus étranges; à la contraction du thorax correspond une tension pénible de l'abdomen.

Le fou rire est irrésistible; il se prolonge indéfiniment avec des accalmies peu durables; il ne cesse que quand arrive l'épuisement. Les situations les plus graves et les plus pathétiques sont incapables de l'arrêter. Une fois qu'il a commencé, a dit Brissaud, il faut le subir jusqu'à complet épuisement : c'est une attaque d'épilepsie qui, fatalement, parcourt le cycle de ses manifestations convulsives et que rien ne peut enrayer dès que l'aura se fait sentir.

Le fou rire est contagieux, et la contagion s'exerce surtout chez les sujets particulièrement excitables, les femmes, les enfants, les névropathes.

Les anesthésiques et les narcotiques, dont le premier effet, à faible dose, est une excitation, peuvent le provoquer. Les inhalations de protoxyde d'azote, gaz hilarant, peuvent l'éveiller comme l'éther, le chloroforme, le haschisch, l'opium.

Certaines excitations sont plus aptes à le provoquer dans des conditions spéciales : une réaction soudaine après une émotion pénible. Ce n'est pas sans raison qu'on dit que les personnes les plus sujettes au fou rire sont celles qui subissent la contrainte extérieure la plus forte. Le fou rire se manifeste chez les écolières après une longue contention, pour le motif le plus futile; il se produit de même dans les ateliers de femmes. Sa contagiosité s'accroît par la fatigue comme par les intoxications, celle de l'alcool, par exemple.

Toutes les conditions pathologiques qui s'accompagnent d'un affaiblissement général des fonctions ner-

[1] A. Gamgee et A. Croft Hill : *Hofmeister's Beiträge z. chem. Physiol. u. Path.*, t. IV, p. 1-19. — La source lumineuse était constituée par un arc électrique dont la lumière passait à travers le « filtre » pour rayons rouges de Landolt (*Landolt : Das opt. Drehungsvermögen org. Substanzen*, 2e édition, Braunschweig, 1898, p. 387).

[2] A. Gamgee et W. Jones : *Ibid.*, t. IV, p. 10-22.

veuses et d'une augmentation de l'excitabilité prédisposent au fou rire, qui constitue un symptôme de plusieurs névropathies : on le voit dans la chorée, dans la paralysie générale, dans la sclérose en plaques. Chez les hystériques, il peut constituer un prodrome de l'attaque ou l'attaque tout entière. Chez les cérébraux, il est fréquent et peut être considéré comme une forme de bouffée délirante éphémère.

Toutes les conditions capables de diminuer l'action modératrice de l'écorce cérébrale sur les centres inférieurs, c'est-à-dire toutes les causes d'affaiblissement ou de souffrance de l'écorce, peuvent être considérées comme des causes prédisposantes du fou rire. On ne sera pas étonné de voir le fou rire figurer parmi les premières manifestations des maladies où le contrôle cortical est imparfait.

Certains faits où le fou rire joue le rôle de prodrome méritent d'attirer l'attention. M. Ch. Féré, médecin de Bicêtre, a eu l'occasion d'observer des cas de ce genre, et il en a publié les observations dans un article récent, paru dans la *Revue neurologique*[1].

La première observation concerne une jeune fille de quinze ans, élevée avec grand soin et qui éprouva un très grand chagrin à la suite de la mort de sa grand'mère. A peine une semaine après ce malheur, elle changea complètement de caractère. Elle, autrefois très réservée, fut prise de fou rire une ou deux fois par jour, quelquefois davantage, à l'église, au cimetière. Elle se rendait bien compte que sa joie était intempestive, mais elle lui trouvait toujours des causes futiles : le chat se mordait la queue, l'oiseau se plongeait la tête dans l'eau, un passant portait son chapeau de travers. Sa mère redoutait de la voir devenir folle. Or, bientôt les mouvements convulsifs qui accompagnaient le fou rire persistèrent en dehors des accès et devinrent des gesticulations permanentes. Et cette jeune fille devint choréique.

Autre fait chez un enfant de douze ans. A la suite d'une injection préventive de sérum antidiphtérique survinrent des accès de fou rire. Cet état durait depuis douze jours quand on s'aperçut que l'enfant projetait sa langue en avant dans l'intervalle des accès et qu'il avait des mouvements involontaires des membres. La chorée s'affirma les jours suivants, sans que le fou rire cessât cependant.

M. Ch. Féré a également observé le fou rire précédant de plusieurs mois une paralysie partielle, des accès de fou rire précédant une hémiplégie et disparaissant ensuite.

Il a vu aussi un paralytique général qui avait appelé l'attention sur lui tout d'abord par des accès de fou rire ; mais il était depuis longtemps atteint de troubles morbides multiples. Le fou rire était chez lui un symptôme psychique d'un état morbide confirmé, tandis que, dans les cas précédents, il constituait un prodrome au sens exact du mot.

Ce rire prodromique semble devoir être attribué non pas à une action localisée, mais à une dépression de l'activité des éléments corticaux qui entraîne un défaut d'inhibition et une augmentation de l'activité réflexe, c'est-à-dire une condition analogue à celle de la fatigue.

Les doigts géants. — M. Lejars[2] a récemment publié un fait de monstruosité sinon unique en son genre, du moins assez peu fréquent. Il s'agit d'une fillette de treize ans qui porte à la main gauche un médius énorme, monstrueux, de quinze centimètres de long et de douze centimètres de circonférence au milieu de la première phalange.

C'est, d'ailleurs, la seule malformation que présente cette enfant; elle est issue d'une famille de cultivateurs sains, robustes, de taille moyenne, où l'on n'a aucun souvenir d'ancêtres ayant eu des doigts géants ou quelque autre anomalie corporelle.

On conçoit combien est gênant et disgracieux un doigt de quinze centimètres de longueur, gros en proportion, même lorsqu'il est très droit et mobile dans ses articulations, comme chez la fillette en question. Aussi M. Lejars n'hésita pas à faire l'ablation de cette monstruosité.

Toutes les *macrodactylies* ne sont pas aussi monstrueuses ; par contre, elles ne sont pas toujours justiciables d'un traitement aussi simple.

Dans le service de M. Pierre Marie, à Bicêtre, se trouvait un garçon de dix-sept ans, également sans hérédité tératologique, dont le membre supérieur droit tout entier est disproportionné[1] ; l'hypertrophie porte sur tous les segments du membre, y compris la racine (clavicule) et l'extrémité (main). Mais à cette main un peu trop grande sont attachés deux doigts, un index et un médius beaucoup trop longs et beaucoup trop gros; de plus, tandis que l'index est droit, le médius est recourbé latéralement et concave du côté de l'annulaire. Malgré l'immobilité des troisièmes phalanges sur les deuxièmes phalanges de ces deux doigts, malgré la limitation relative des mouvements d'extension et de flexion dans les deux premières articulations des doigts, un chirurgien hésiterait à intervenir dans des cas de ce genre ; la privation des deux doigts index et médius constituerait une infirmité plus grave que celle qui résulte de la présence de ces deux doigts, même trop longs, trop gros, trop peu mobiles et maladroits.

La discipline psycho-motrice. — La discipline psycho-motrice[2] est une méthode de traitement qui a pour but la correction des troubles moteurs. Elle tend à supprimer les actes automatiques intempestifs, et à les remplacer par des actes corrects, utiles, voulus et réfléchis.

Pour parvenir à ce résultat, il ne suffit pas de faire exécuter passivement par le malade des exercices gymnastiques. Il faut, en outre, exiger de celui-ci sa *participation active* dans l'exécution des actes commandés : l'écorce cérébrale du sujet doit intervenir à tout instant.

La discipline psycho-motrice peut corriger les mouvements habituels excessifs ou intempestifs, les attitudes et les immobilisations vicieuses.

Elle trouve donc ses applications dans un grand nombre de maladies. MM. Brissaud et Henry Meige l'ont employée avec succès dans toutes les variétés des *tics*, tics du visage ou tics des membres. Elle n'est pas moins utile pour les affections qualifiées de *crampes fonctionnelles*. Dans les troubles du langage, tels que le *bégaiement*, elle a donné aussi d'excellents résultats.

La discipline psycho-motrice est appelée à rendre service aux *ataxiques*. Il ne suffit pas, en effet, d'enseigner à ces malades une série d'exercices méthodiques; il est nécessaire d'exiger d'eux une participation active à leur exécution : ils doivent en comprendre le but et en connaître la portée.

La même méthode est applicable aux sujets atteints d'affections paralytiques. Rien ne saurait être plus préjudiciable pour un hémiplégique ou un paraplégique que de se confiner au lit. Il faut lui enseigner une foule de mouvements, que souvent il se croit incapable de faire tandis qu'en réalité il arrive à les exécuter après un certain temps d'entraînement.

Un grand nombre d'*impotences musculaires* ne sont souvent que des *ignorances musculaires*. C'est en donnant aux malades l'éducation qui leur fait défaut que l'on arrive à corriger la plupart de ces accidents.

[1] Féré : Le fou rire prodromique. *Revue neurologique*, 15 avril 1903.

[2] Lejars : Un fait de macrodactylie. *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, janvier-février 1903.

[1] Cayla : Macrodactylie. *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, janvier-février 1903.

[2] Brissaud et Henry Meige : La discipline psycho-motrice. *Communication au Congrès international de Madrid*, in *Revue neurologique*, 15 juin 1903.

La discipline psycho-motrice n'est pas moins profitable aux sujets qui, par suite d'un trouble mental, se croient dans l'impossibilité d'exécuter certains actes ou, inversement, se croient obligés d'en répéter continuellement certains autres. Les *obsédés moteurs* en bénéficient largement.

La discipline psycho-motrice est donc à la fois une éducation de l'esprit et du mouvement, de l'idée et de l'acte. Elle tend à supprimer les habitudes nuisibles; elle vise à la suppression de l'automatisme, lorsqu'il est préjudiciable, et à son remplacement par des actes normaux volontaires et réfléchis. Elle est basée, comme toutes les éducations, sur la répétition des mêmes actes moteurs; mais elle exige aussi la répétition des efforts volontaires du sujet en vue de l'exécution de l'acte prescrit.

Lorsque le médecin peut obtenir du malade sa part de *collaboration active*, on peut toujours espérer les meilleurs résultats.

§ 6. — Enseignement

Personnel universitaire. — M. Cotton, docteur ès sciences, maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Grenoble, est nommé professeur adjoint à ladite Faculté.

M. Beauvisage, agrégé des Facultés de Médecine, chargé d'un cours complémentaire de Botanique à la Faculté de Médecine de Lyon, est nommé professeur de Matière médicale et botanique à ladite Faculté.

M. A. Sabatier, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Montpellier, est nommé doyen de ladite Faculté.

M. Bichat, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Nancy, est nommé doyen de ladite Faculté.

M. Moreau, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Rennes, est nommé doyen de ladite Faculté.

M. Lacour, professeur de Calcul différentiel et intégral à la Faculté des Sciences de Nancy, est nommé professeur de Mathématiques pures à la Faculté des Sciences de Rennes.

M. Cavalier, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Chimie à la Faculté des Sciences de Rennes, est nommé professeur de Chimie à ladite Faculté.

M. Thévenet, professeur de Mathématiques à l'Ecole des Sciences d'Alger, est nommé directeur de ladite Ecole.

M. Lyon, maître de conférences à l'Ecole Normale Supérieure, est nommé Recteur de l'Académie de Lille.

M. Andoyer, maître de Conférences de Mathématiques, chargé d'un cours complémentaire d'Astronomie mathématique à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé professeur d'Astronomie physique à ladite Faculté.

M. Painlevé, maître de conférences de Géométrie descriptive et de Calcul différentiel et intégral à l'Ecole Normale Supérieure, est nommé professeur de Mathématiques générales à la Faculté des Sciences de Paris (*création*).

M. Dubard, docteur ès sciences, est nommé maître de conférences de Botanique coloniale à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Briot, docteur ès sciences, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé chef des travaux de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille.

M. Padé, professeur de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de Poitiers, est nommé professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

M. Lebeuf, chargé d'un cours d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Besançon, est nommé professeur d'Astronomie de ladite Faculté.

M. Dulac, docteur ès sciences, professeur de Mathématiques spéciales au Lycée de Poitiers, est nommé maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. Clairin, docteur ès sciences, professeur de Mathématiques spéciales au Lycée de Dijon, est nommé maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lille.

M. Levavasseur, docteur ès sciences, professeur de Mathématiques spéciales au Lycée de Toulouse, est nommé maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lyon.

M. Cartan, maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lyon, est chargé d'un cours de Calcul différentiel et intégral à la Faculté des Sciences de Nancy.

M. Descudé, docteur ès sciences, préparateur de Chimie à la Faculté des Sciences de Grenoble, est nommé chef des travaux de Chimie à la Faculté des Sciences de Nancy.

M. Drach, maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lille, est chargé d'un cours de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de Poitiers.

M. Bouzat, docteur ès sciences, préparateur au Collège de France, est nommé maître de conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Rennes.

Les Concours d'agrégation en 1903. — Voici les résultats des divers Concours d'agrégation d'ordre scientifique :

Sciences mathématiques. — Le jury, composé de MM. Appell, membre de l'Institut, président; Pruvost, inspecteur général de l'Instruction publique, vice-président; Andoyer, professeur à l'Université de Paris; Bourlet, professeur au Lycée Saint-Louis; Vogt, professeur à l'Université de Nancy, a reçu agrégés, par ordre de mérite :

MM. Sauvage, professeur au Collège de Blida; Mihaud, chargé de cours au Lycée de Bastia; Merlin, élève astronome à l'Observatoire de Paris; Courriades, étudiant libre; Fréchet, élève sortant de l'Ecole Normale Supérieure; Vasseur, professeur libre au Havre; Lévy, chargé de cours au Lycée de Lons-le-Saunier; Pradel, répétiteur au Lycée de Bordeaux; Picardmorot, ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure; Loye, chargé de cours au Lycée de Caen; Muxart, chargé de cours au Lycée de Beauvais; Galbrun, élève sortant de l'Ecole Normale Supérieure.

Sciences physiques. — Le jury, composé de MM. Joubert, inspecteur général de l'Instruction publique, président; Poincaré, inspecteur général de l'Instruction publique, vice-président; Bouasse, professeur à l'Université de Toulouse; Cavalier, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille; Rivière, professeur au Lycée Saint-Louis, a reçu agrégés, par ordre de mérite :

MM. Conduché, élève sortant de l'Ecole Normale Supérieure; Duffour, chargé de cours au Lycée de Mont-de-Marsan; Delmas, boursier d'agrégation à Toulouse; Galy, préparateur à la Faculté de Rennes; Icole, boursier d'agrégation à Paris; Bloch, chargé de cours au Lycée de Cahors; Boizard, chargé de cours au Lycée de Coutances; Bertoux, préparateur à la Faculté de Lille; Meynier, chargé de cours au Lycée de Cherbourg; Prat, préparateur à la Faculté de Marseille.

Sciences naturelles. — Le jury, présidé par M. Fernet, inspecteur général de l'Instruction publique, a reçu agrégés, par ordre de mérite :

MM. Blaringhem, élève sortant de l'Ecole Normale Supérieure; Démousseaux, boursier d'agrégation au Muséum d'Histoire naturelle; Goa, chargé de cours au Lycée de Sens.

Comité des Travaux historiques et scientifiques. — Sont nommés membres de ce Comité pour la Section des Sciences :

MM. Laveran, membre de l'Institut; Müntz, membre de l'Institut, professeur à l'Institut national agronomique.

L'ÉTAT SANITAIRE COMPARÉ DE L'ARMÉE FRANÇAISE ET DES GRANDES ARMÉES EUROPÉENNES

Il y a quelques années, deux maîtres éminents de la Médecine militaire, M. Marvaud[1] (en 1894) et M. Viry[2] (en 1897), ont montré que le tribut payé par l'armée française aux maladies infectieuses ou évitables est, parmi ceux des armées des nations civilisées, un des plus élevés. Chose inconcevable, lorsqu'on se rappelle l'émotion considérable provoquée dans le pays par les révélations de M. le sénateur Gotteron, celles de MM. Marvaud et Viry sont restées inaperçues, que dis-je, ignorées, non seulement du grand public, jusqu'à certain point excusable, mais encore des spécialistes qui, dans la presse médicale, se consacrent aux questions de l'hygiène de l'armée. A telle enseigne que, lorsqu'en 1899 M. de Freycinet affirmait, du haut de la tribune parlementaire, qu' « il n'y a pas une armée en Europe où la mortalité soit plus faible que la nôtre », cette même presse médicale, qui s'est montrée si sévère — et si injuste — à l'égard de M. Gotteron, en raison de quelques chiffres erronés cités d'après une feuille allemande, cette même presse a enregistré sans protester les affirmations aussi optimistes qu'inexactes de l'ancien ministre de la Guerre.

Dans les lignes qui suivent, nous avons repris cette question et essayé de tracer un exposé aussi exact que possible de l'état sanitaire comparé des armées française et étrangères.

I

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous croyons indispensable de dire quelques mots de la méthode que nous avons adoptée.

Tout d'abord, dans cette comparaison internationale, nous avons cru nécessaire et logique de faire figurer toute l'armée française, c'est-à-dire l'armée de l'intérieur et l'armée d'Algérie-Tunisie. Et cela pour plusieurs raisons :

Lorsqu'on compare les taux de mortalité générale des différents pays, il y a un facteur qui ne doit jamais être omis : c'est la natalité respective de ces pays. Lorsqu'on compare les taux de mortalité des différentes armées, un facteur doit être pris en considération : c'est la mortalité générale des pays auxquels appartiennent ces armées. Or, exception faite de l'Angleterre, tous les pays dont il s'agit dans cette étude accusent des taux de mortalité générale supérieurs à celui de la France :

Sur 1000 habitants, combien de décès en un an?[1]

Angleterre (1875-1899)	19,10
France (1875-1899)	22,00
Allemagne (1875-1899)	24,40
Italie (1875-1899)	26,70
Autriche-Hongrie (1875-1899)	30,75
Russie d'Europe (1891-1895)	34,70[2]

De sorte que, si nous éliminons les troupes d'Algérie-Tunisie pour cette raison que ce pays présente une mortalité supérieure à celle de la France, aucune comparaison n'est possible entre l'armée française et celles des pays étrangers, dont quelques-uns accusent, par rapport à la France, une différence de mortalité de beaucoup supérieure à celle qu'on constate entre la France et sa colonie africaine : c'est ainsi, par exemple, qu'alors que la mortalité générale de l'Autriche-Hongrie dépasse de 40 °/₀ et celle de la Russie d'Europe de 57 °/₀ la mortalité générale de la France, l'ensemble des villes d'Algérie accusait, en 1898, une mortalité (26,20 °/₀₀) de 18 °/₀ seulement supérieure au taux de mortalité enregistré par les villes françaises (22,15 °/₀₀)[3].

Ceux de nos confrères de la presse médicale qui ont cru tout à fait suffisant de donner une étude comparée de la *mortalité générale* des différentes armées (or, la mortalité générale seule ne donne qu'une idée absolument insuffisante de l'état sanitaire d'un groupement), et qui ont le plus insisté sur la nécessité de ne faire figurer dans une comparaison internationale que l'armée de l'intérieur, n'ont gardé les mêmes scrupules, ni à l'égard de l'Autriche-Hongrie, ni à l'égard de la Russie. Or, une partie importante de l'armée autrichienne se trouve casernée dans les anciennes provinces turques — Bosnie et Herzégovine — dont l'état sanitaire est infiniment plus précaire que celui de l'Algérie-Tunisie et dont la mortalité atteint en moyenne 40 °/₀₀. Quant à la Russie, la statistique sanitaire de son armée comprend, non seulement le district de la Russie d'Europe, mais encore ceux d'Asie, dont la plupart se trouvent dans un état de guerre per-

[1] Marvaud : Maladies du soldat. Paris, 1894.
[2] Viry : Principes d'Hygiène militaire. Paris, 1897.

[1] *Sixty-third annual Report of the Registar general of births, deaths and marriages in England* (1900), p. CXXIII.
[2] *Statistisk Tidskrift utgifven af kungl stat. Centralburan*, (1901), n° 3. Stockholm, 1902.
[3] Nous n'avons pas de statistique sanitaire concernant la Tunisie. Quant à la statistique sanitaire d'Algérie, elle ne nous fournit de renseignements que sur les villes.

manent. Voici, d'ailleurs, l'énumération des districts militaires russes : Pétersbourg, Finlande, Vilna, Varsovie, Kiew, Odessa, Moscou, Kasagne, Caucase, Turkestan, Sibérie occidentale, Amour (Sibérie orientale), région du Kwan-toung, région du Don. Si donc il était nécessaire de ne comprendre dans une étude comparée que l'armée française de l'intérieur, par quel effet de logique ont-ils opposé à la mortalité générale de notre armée de l'intérieur la mortalité générale de l'armée de toutes les Russies?

Cette exclusion de l'armée d'Algérie-Tunisie présente un certain inconvénient que les auteurs dont nous venons de parler n'ont pas prévu et dont, certes, ils se seraient rendu compte si, au lieu de se borner à l'étude de la mortalité générale, ils avaient poussé la comparaison plus loin, c'est-à-dire s'ils avaient étudié la morbidité et la mortalité comparées pour différentes maladies : c'est que, loin de nous être avantageuse, cette exclusion injustifiée et irrationnelle ne fait que mettre encore plus en relief l'état sanitaire déplorable de notre armée de l'intérieur en face des armées étrangères. Si, en effet, la mortalité générale de l'armée d'Algérie-Tunisie est supérieure à celle de l'armée de l'intérieur, cela tient à ce que la mortalité générale et les mortalités par fièvre typhoïde, diarrhée-dysenterie et paludisme sont plus élevées dans l'armée d'Algérie-Tunisie que dans l'armée de l'intérieur; au contraire, toutes les autres affections provoquent des ravages bien plus considérables dans l'armée de l'intérieur que dans celle d'Algérie-Tunisie, comme le montre le tableau de morbidité ci-dessous (année 1900) :

Tableau I. — ***Morbidités comparées de l'armée totale et de l'armée d'Algérie-Tunisie.***

MALADIES	MORBIDITÉ moyenne °/₀₀ de l'armée totale	MORBIDITÉ DES DIVISIONS D'			
		Alger	Oran	Constantine	Tunisie
Rougeole	*10,24*	2,08	1,81	3,50	0,92
Scarlatine.	*4,44*	0,34	1,98	1,39	0,43
Oreillons	*13,90*	4,10	2,30	4,30	5,30
Erysipèle	*2,58*	0,56	0,97	1,39	1,11
Tubercul. (pertes)[1]	*6,40*	6,13	5,15	5,91	4,00
Rhumatisme . . .	*13,20*	9,18	7,40	8,09	4,20
Pneumonie, broncho-pneumonie, bronchite capill.	*5,78*	5,07	4,32	5,76	2,51
Grippe	*27,93*	5,90	1,40	2,40	6,30

Les chiffres moyens de morbidité (et, par conséquent, de mortalité) de la totalité de notre armée, si hauts qu'ils soient, seraient certainement plus élevés et, pour certaines affections, beaucoup plus élevés s'ils ne s'adressaient qu'à l'armée de l'intérieur, qui, on le comprend sans peine, tire un avantage *statistique* considérable du fait de l'adjonction d'éléments beaucoup moins éprouvés par les maladies et la mort. Ainsi donc, je le répète, l'exclusion des troupes africaines, à l'effectif de soixante-quinze mille hommes environ, loin de nous être favorable dans une comparaison internationale, serait, dans la plupart des cas, désastreuse — fait que les partisans de l'exclusion n'ont certainement pas prévu.

[1] C'est-à-dire réformes, retraites et décès par tuberculose.

II

Lors de la mémorable interpellation de MM. les sénateurs Gotteron et Treille sur l'état sanitaire de notre armée, les différents orateurs qui ont pris part à la discussion ont objecté que les résultats statistiques accusés par l'armée allemande, en particulier, tiennent en partie à ce fait que, dans ces statistiques (à l'encontre des nôtres), les officiers ne figurent pas. Or, firent-ils remarquer, la morbidité et la mortalité des officiers étant supérieures à celles des simples soldats, les moyennes allemandes se trouvent faussées et sont inférieures à la réalité.

Le fait est exact : ni dans les statistiques sanitaires de l'armée allemande, ni dans celles de l'armée autrichienne, les officiers ne figurent. Pourquoi? Mais parce que les données qui concernent les officiers sont inexactes et *inférieures* à la réalité. Quelle est la morbidité qui figure dans les statistiques militaires? La morbidité-infirmerie et la morbidité-hôpital[1]. Or, les officiers ne sont jamais admis à l'infirmerie et ne séjournent à l'hôpital qu'exceptionnellement. Et voyez la conséquence de notre système : la statistique sanitaire de l'armée, en 1900, par exemple, accuse une morbidité générale (c'est-à-dire morbidité-infirmerie et morbidité-hôpital) pour toute l'armée (y compris les officiers) de 605 °/₀₀, dans laquelle les officiers entrent pour 44 °/₀₀ (!), les sous-officiers pour 214 °/₀₀ et les simples soldats pour 627 °/₀₀. Or, les chiffres concernant les sous-officiers expriment presque toute la morbidité[2] et ceux des soldats toute la morbidité; les chiffres concernant les officiers n'ont trait qu'à la morbidité-hôpital, qui n'est si basse que parce que l'immense majorité des officiers se soignent dans leurs familles. De sorte que les *moyennes de la morbidité générale, de même, d'ailleurs, que les moyennes de morbidité de toutes les affections, en général, et des affec-*

[1] La morbidité-chambre (caserne) ne compte pas dans la morbidité générale.

[2] Les sous-officiers mariés sont, dans un très grand nombre de cas, soignés dans leurs familles; leurs affections, dans ces cas, ne figurent pas sur les statistiques.

tions vénériennes en particulier, se trouvent faussées du fait de la méthode employée et sont au-dessous de la réalité. Il en est de même de la mortalité : en effet, sur les listes mortuaires de l'armée ne figurent que les décès des officiers pourvus d'un commandement ou d'un emploi effectif dans l'armée de terre (armée de l'intérieur et d'Algérie-Tunisie). Les décès des officiers placés hors cadre, des officiers détachés au Ministère de la Guerre, à l'Etat-major général, aux Ecoles militaires, en mission ou détachement dans les colonies, soit *prêtés* aux Ministères de la Marine, des Colonies, des Affaires étrangères, etc., les décès, disons-nous, qui se produisent dans cette catégorie très nombreuse d'officiers ne figurent pas dans les statistiques médicales, alors que, comme nombre, ces officiers continuent à figurer sur les contrôles des unités (auxquelles ils appartiennent régulièrement) jusqu'au moment où ils sont remplacés.

TABLEAU II. — ***Morbidité et mortalité comparées des officiers et soldats.***

MALADIES		OFFICIERS	SOLDATS
		°/oo	°/oo
Morbidité générale		44,00	627,00
Mortalité générale		4,36	7,06
Fièvre typhoïde	(morbidité)	1,48	8,82
— —	(mortalité)	0,20	1,44
Grippe	(morbidité)	1,30	30,70
Rougeole	—	0,32	11,30
Scarlatine	—	0,40	4,86
Oreillons	—	0,13	15,33
Erysipèle	—	0,22	2,82
Diphtérie	—	0,09	0,86
Tuberculose	—	1,08	6,60
Rhumatisme	—	2,00	14,20
Diarrhée-dysenterie	—	1,20	28,30
Malad. vénériennes	—	0,00 (!)	34,40

Le tableau II donne, d'ailleurs, quelques chiffres, qui démontrent que, contrairement à l'opinion générale, la morbidité et la mortalité des officiers sont (tout au moins d'après les statistiques de l'armée) de beaucoup inférieures aux morbidité et mortalité des soldats (1900).

III

Cela dit, voyons l'état sanitaire comparé de l'armée française et des armées étrangères.

Nous partagerons cette étude en deux parties : dans la première, nous établirons une comparaison entre les armées française et allemande seulement (tableau III et fig. 1); dans la seconde, entre les armées française, d'une part, allemande, autrichienne, anglaise, italienne et russe, d'autre part (tableau IV et fig. 2 et 3). Dans la première partie, où il s'agit de deux armées numériquement presque égales[2], nous mettrons sous les yeux du lecteur les chiffres; dans la seconde, les proportions, étant

TABLEAU III. — ***Malades et Décès dans les armées française et allemande.***

MALADIES	ARMÉE FRANÇAISE		ARMÉE ALLEMANDE		DIFFÉRENCE EN PLUS P. 100[1] (France)	
	cas	décès	cas	décès	cas	décès
Fièvre typhoïde (1900)	4.697	776	765	82	525	850
— — (1882-1900)	105.330	19.768	25.334	2.251	315	800
Rougeole (1900)	5.860	76	432	0	800	∞
— (1882-1900)	95.169	1.031	8.378	?	1.000	?
Diphtérie (1900)	455	26	261	9	75	190
— (1890-1900)	4.519	398	3.750	142	20	180
Oreillons (1900)	7.976	1	443	0	1.700	∞
Grippe (1900)	15.979	268	10.123	14	75	1.800
Tuberculose (1900)	3.481	511	1.097	117	210	330
Diarrhée-Dysenterie (1900)	13.547	98	163	1	800	9.700
Variole (1900)	70	5	0	0	∞	∞
— (1875-1900)	8.910	736	16	3	55.700	24.433
Rhumatisme (1900)	7.547	»	4.354	»	70	»
— (1894-1900)	31.723	»	27.928	»	85	»

DÉCÈS 1900 :	Totaux	Maladies	Accidents	Suicides
Armée française	3.276	2.897	261	118
Armée allemande	1.225	859	176	190
Différence pour 100 :				
Armée française	167	237	30	»
Armée allemande	»	»	»	52

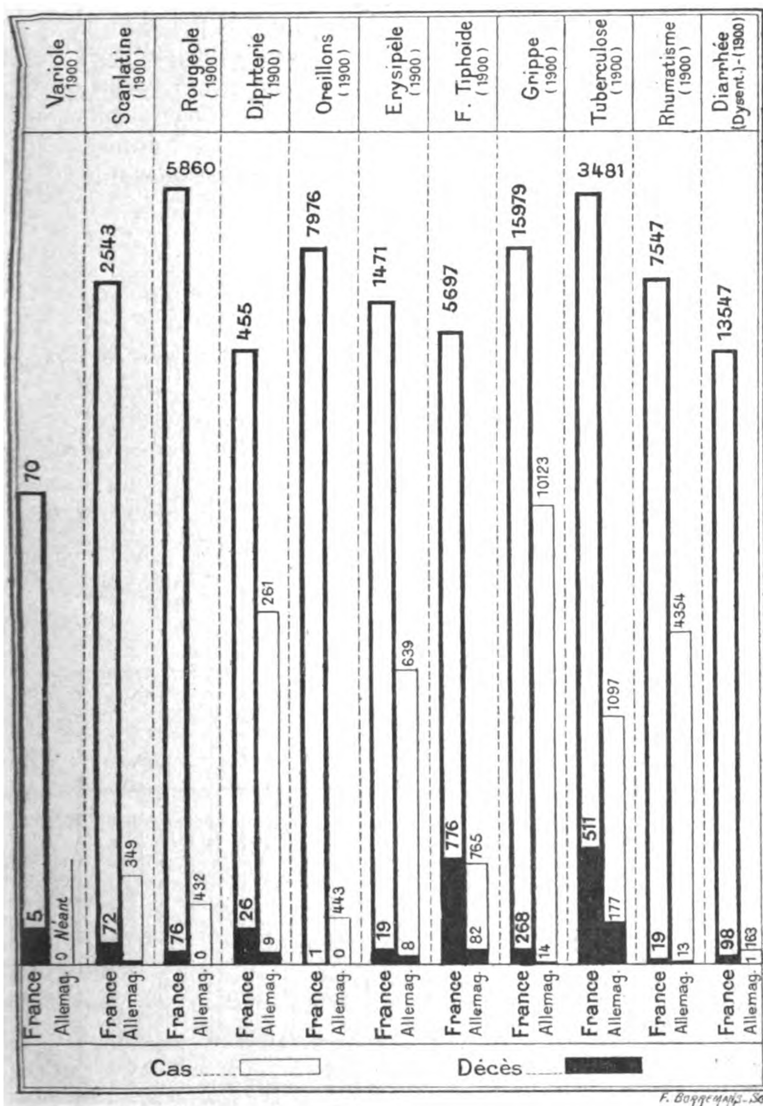
[1] Voici comment il faut comprendre ces chiffres : le nombre de malades typhiques en France dépasse de 525 °/o celui des malades typhiques en Allemagne; le nombre des décès, de 850 °/o, etc.

[2] Les effectifs qui servent de base aux calculs de la statistique médicale de l'armée française ont été, en 1900, de 572.029 hommes d'effectif *total* (dont 22.207 officiers); l'ef-

données les différences notables au point de vue du nombre entre les six armées en question.

Il résulte des chiffres que nous venons de donner pniques nous avons enregistré 165 décès, les Allemands 109 seulement.

Voici, d'autre part, la mortalité clinique de la



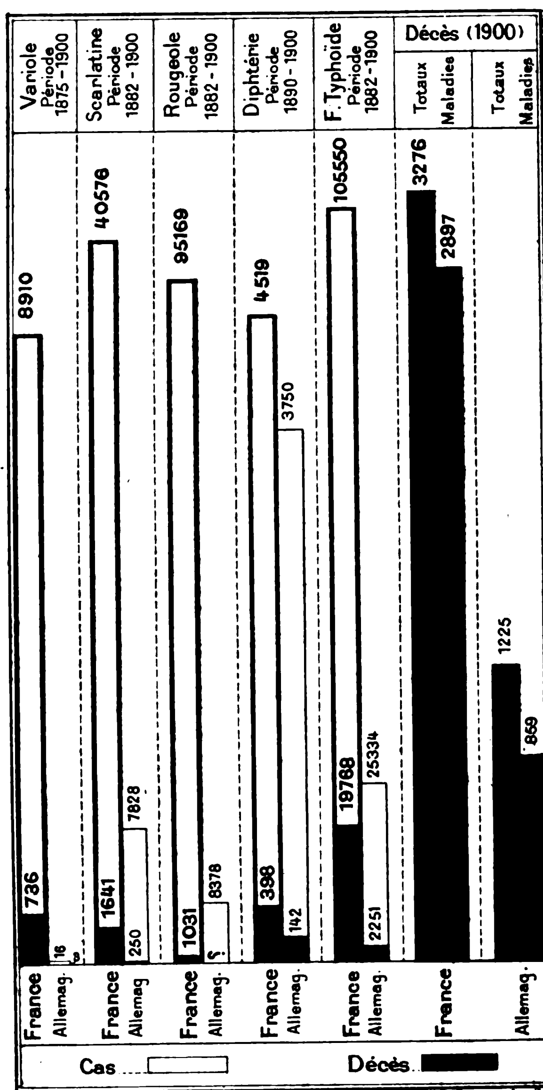


Fig. 1. — *Malades et décès (nombres absolus) dans les armées française et allemande.*
(Dans ce graphique et les deux suivants, chaque rubrique possède son échelle propre.)

(tableau III) entre autres ce fait, au premier abord anormal, que la différence °/₀ entre les chiffres des mortalités française et allemande pour la plupart des affections est plus grande que la différence entre les chiffres des mortalités. Cela tient tout simplement à ce que la mortalité clinique (décès sur 100 ou 1.000 malades) est plus grande dans l'armée française que dans l'armée allemande; c'est ainsi, par exemple, qu'en 1900 sur 1.000 ty-

diphtérie dans les deux armées (période 1892-1900):

Sur 100 diphtériques, combien de décès :

ANNÉES	FRANCE	ALLEMAGNE
1892	12,3	4,3
1893	9,7	6,1
1894	10,4	5,8
1895	5,6	2,9
1896	5,7	2,9
1897	6,0	2,7
1898	7,7	2,3
1899	7,6	3,2
1900	5,7	3,4

En moyenne, la mortalité clinique diphtérique de notre armée (aussi bien avant que depuis l'emploi

fectif *présent* n'était que de 504.503 hommes (dont 18.503 officiers). En Allemagne, c'est l'effectif présent, soit 520.369 soldats et sous-officiers, qui sert de base aux évaluations sanitaires (dans ce nombre n'est pas comprise l'armée bavaroise, qui a une statistique à part).

du sérum Roux-Behring) dépasse celle de l'armée allemande de plus de 100 %. Fait caractéristique : malgré l'emploi du sérum antidiphtérique, notre mortalité est encore supérieure à ce qu'elle fut en Allemagne avant l'emploi de ce sérum : c'est ainsi qu'en 1898-1900 la moyenne de notre mortalité clinique est de 7 % contre 5,4 % — mortalité clinique allemande dans les périodes 1892-1894.

plus favorisée, l'armée anglaise (1 ‰) ; la mortalité (1,35 ‰) dépasse de 750 % la mortalité de l'armée allemande (0,16 ‰), la plus favorisée.

Diarrhée-dysenterie : 1er rang; la morbidité (26,6 ‰)[1] dépasse de 8.500 % celle de l'armée allemande, la plus favorisée (0,13 ‰); la mortalité (17 ‰), de 8.400 % la mortalité de la même armée allemande (0,002 ‰).

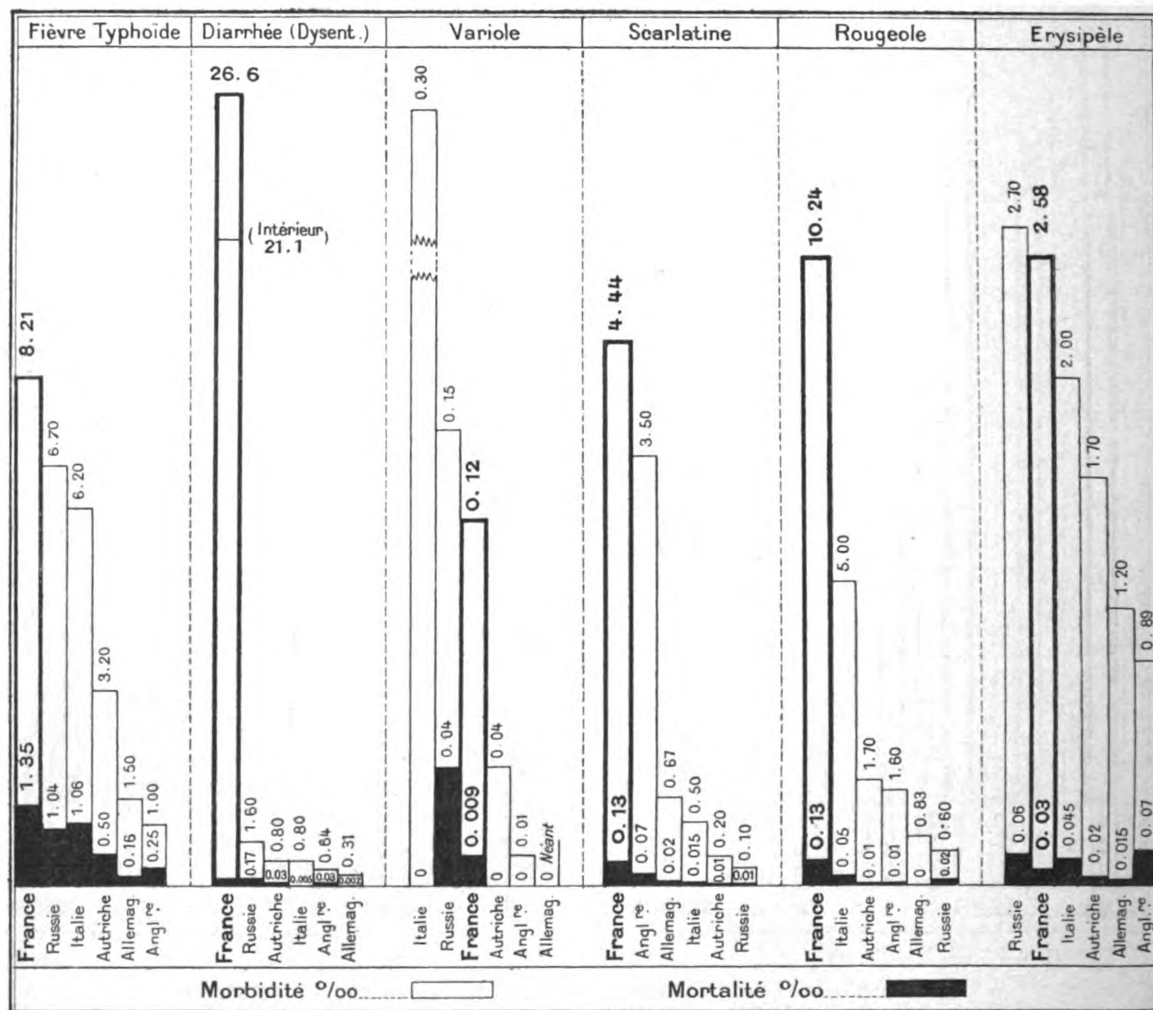


Fig. 2. — *Morbidité et mortalité, pour les diverses affections, dans l'armée*

IV

Abordons maintenant l'étude comparée de l'état sanitaire des armées française et étrangères[1].

La situation de l'armée française, telle qu'elle résulte du tableau IV, est la suivante :

Fièvre typhoïde : par les morbidité et mortalité, notre armée occupe le premier rang : la morbidité (8,21 ‰) dépasse de 720 % celle de l'armée la

Variole : 3e rang par la morbidité et 2e rang par la mortalité. Deux armées seulement enregistrent des décès varioliques : l'armée russe et l'armée française.

[1] Voir pour la *France* : Statistique médicale de l'armée, publiée par le Ministère de la Guerre.

Allemagne : Sanitäts-Bericht über die Königlich Preussische Armee; das XIIte und XIXte (Sächsische) und das XIIIte (Württembergische) Armeekorps. Berlin.

Autriche : Statistik der Sanitätsverhältnisse der Mannschaft des K. und K. Heeres. Wien.

Italie : Relazione medico-statistica delle condizioni sanitarie del R. Esercito. Rome.

Angleterre : Army medical Department Report. London.

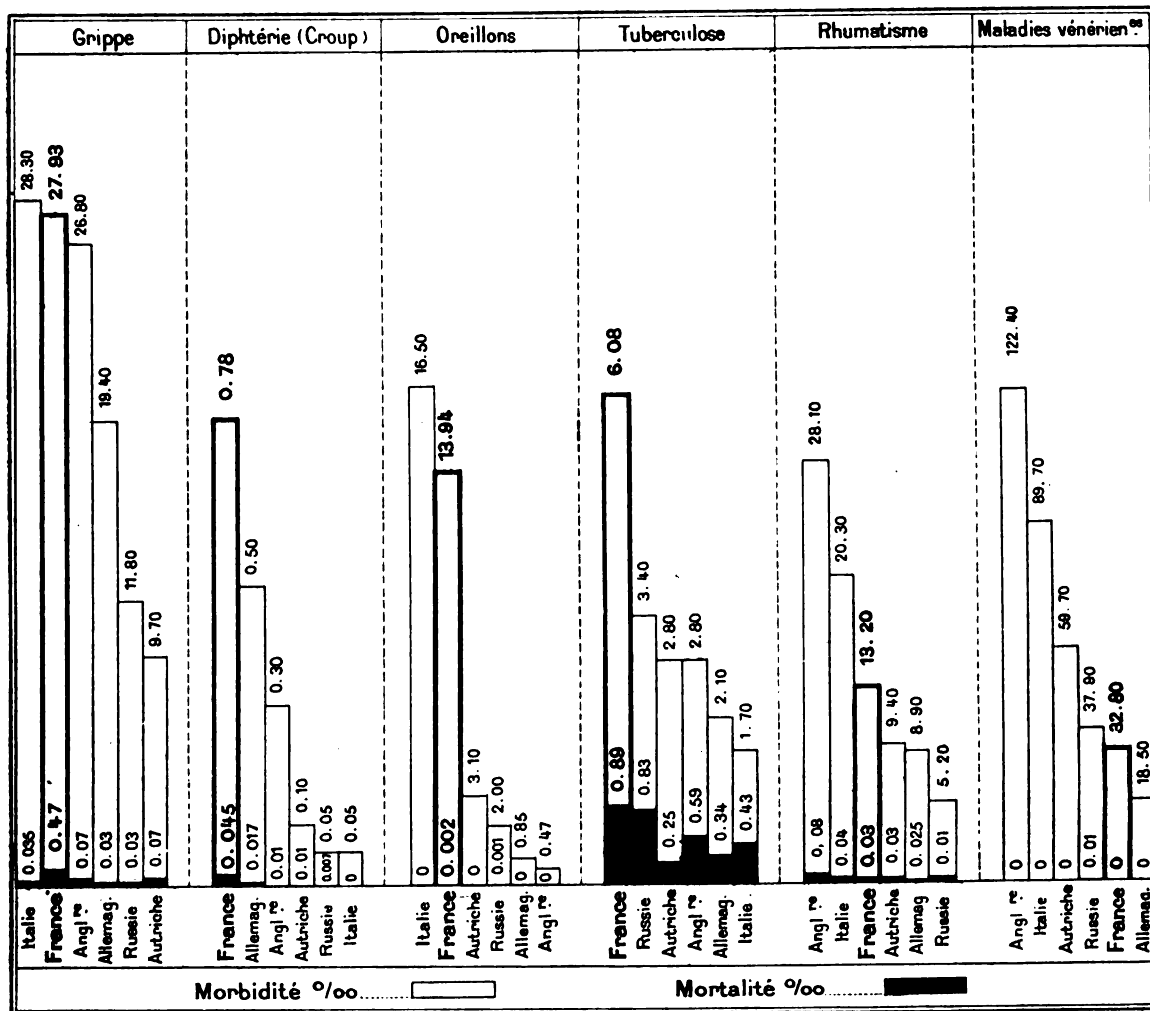
Russie : Otschet o sanitarnom Sostoianii rousskoi armii. Saint-Pétersbourg.

[1] Dont 21,1 ‰ pour l'armée de l'intérieur.

Scarlatine : 1er rang; la morbidité (4,44 °/₀₀) dépasse de 4.340 °/₀ celle de l'armée russe (0,10 °/₀₀); la mortalité (0,13 °/₀₀) dépasse de 1.200 °/₀ la mortalité de la même armée russe (0,010 °/₀₀), la plus favorisée.

Rougeole : 1er rang; la morbidité (10,24 °/₀₀) dépasse de 1.600 °/₀ la morbidité de l'armée russe (0,60 °/₀₀), et de 1.100 °/₀ la morbidité de l'armée (0,47 °/₀₀), qui dépasse de près de 1.500 °/₀ celle des armées allemande, russe et italienne (0,03 °/₀₀).

Diphtérie-croup : 1er rang; la morbidité (0,78 °/₀₀) dépasse de près de 1.400 °/₀ celle de l'armée italienne (0,05 °/₀₀), la plus favorisée, dont la mortalité est 0, contre 0,045 °/₀₀, mortalité française, qui, elle, dépasse de 540 °/₀ celle de l'armée russe (0,007), la plus favorisée après l'armée italienne.



française et dans les armées allemande, autrichienne, italienne, anglaise et russe.

allemande (0,83), dont la mortalité est 0 contre 0,13 °/₀₀, mortalité française, qui, elle, dépasse de 1.200 °/₀ la mortalité rubéolique des armées anglaise et autrichienne (0,01 °/₀₀).

Erysipèle : 2e rang par la morbidité (2,58 °/₀₀), qui dépasse de près de 200 °/₀ celle de l'armée anglaise (0,89 °/₀₀), la plus favorisée ; 4e rang par la mortalité (0,03 °/₀₀), dépassant de 170 °/₀ celle de l'armée allemande, la plus favorisée.

Grippe : 2e rang par la morbidité (27,93 °/₀₀), qui dépasse de 165 °/₀ celle de l'armée autrichienne, la plus favorisée (9,7 °/₀₀) ; 1er rang par la mortalité

Oreillons : 2e rang par la morbidité (13,94 °/₀₀), qui dépasse de 3.000 °/₀ la morbidité de l'armée anglaise (0,5 °/₀₀), la plus favorisée; 1er rang par la mortalité, faible d'ailleurs : l'armée italienne, dont la morbidité est la plus forte, n'accuse pas de décès, de même que les armées allemande, anglaise et autrichienne.

Rhumatismes : 3e rang par la morbidité (13,2 °/₀₀), qui dépasse de 150 °/₀ celle de l'armée russe (5,2 °/₀₀), la plus favorisée; 3e rang par la mortalité (0,03 °/₀₀), qui dépasse de 200 °/₀ la mortalité de l'armée russe (0,01 °/₀₀), la plus favorisée. Ajoutons cepen-

dant que, en ce qui concerne l'armée française, le taux de morbidité ci-dessus n'exprime que la morbidité-hôpital ; la morbidité-infirmerie, très importante, n'y figure pas. Quant à la mortalité, les

TABLEAU IV. — ***Morbidité et mortalité comparées de l'armée française et des armées allemande, anglaise, autrichienne, italienne et russe. Sur 1000 hommes d'effectif, combien de malades et de morts?***

MALADIES	FRANCE (1900)		AUTRICHE (1900)		ALLEMAGNE (1900)		ITALIE (1900)		ANGLETERRE (1899)		RUSSIE (1899)	
	morbidité	mortalité	morbidité	mortalité	morbidité	mortalité	morbidité	mortalité	morbidité	mortalité	morbidité	mortalité
Fièvre typhoïde	*8,21*	*1,55*	3,20	0,50	1,50	0,16	6,20	1,06	1,00	0,25	6,70	1,04
Rang	1er	1er	4e	4e	5e	6e	3e	2e	6e	5e	2e	3e
Diarrhée-dysenterie	*26,60*	*0,17*	0,80	0,03	0,31	0,002	0,80	0,005	0,64	0,03	1,60	0,17
Rang	1er	1er	3e	3e	6e	6e	4e	5e	5e	4e	2e	2e
Variole	0,12	0,009	0,04	0	0	0	*0,30*	0	0,01	0	0,15	*0,04*
Rang	3e	2e	4e	»	6e	»	1er	»	5e	»	2e	1er
Scarlatine	*4,44*	*0,13*	0,20	0,010	0,67	0,02	0,50	0,015	3,50	0,07	0,10	0,010
Rang	1er	1er	5e	5e	3e	3e	4e	4e	2e	2e	6e	6e
Rougeole	*10,24*	*0,13*	1,70	0,01	0,83	0	5,00	0,05	1,60	0,01	0,60	0,02
Rang	1er	1er	3e	4e	5e	6e	2e	2e	4e	5e	6e	3e
Erysipèle	2,58	0,03	1,70	0,02	1,20	0,015	2,00	0,045	0,89	*0,007*	*2,70*	0,06
Rang	2e	4e	4e	5e	5e	6e	3e	3e	6e	1er	1er	2e
Grippe	27,93	*0,47*	9,70	0,07	19,40	0,03	*28,3*	0,03	26,80	0,07	11,80	0,03
Rang	2e	1er	6e	3e	4e	5e	1er	4e	3e	2e	5e	6e
Diphtérie-croup	*0,78*	*0,045*	0,10	0,010	0,50	0,017	0,05	0	0,30	0,010	0,05	0,007
Rang	1er	1er	4e	4e	2e	2e	6e	6e	3e	3e	5e	5e
Oreillons	13,94	*0,002*	3,10	0	0,85	0	*16,50*	0	0,45	0	2,00	0,0007
Rang	2e	1er	3e	»	5e	»	1er	»	6e	»	4e	2e
Tuberculose	*6,08*	*0,89*	2,80	0,25	2,10	0,34	1,70	0,43	2,80	0,25	3,40	0,83
Rang	1er	1er	3e	6e	5e	5e	6e	4e	4e	3e	2e	2e
Rhumatisme	13,20	0,03	9,40	0,03	8,9	0,025	20,3	0,04	*28,10*	*0,08*	5,20	0,01
Rang	3e	3e	4e	4e	5e	5e	2e	2e	1er	1er	6e	6e
Maladies vénériennes	32,80	0	59,70	0	18,50	0	89,70	0	*122,4*	*0,06*	37,90	0,01
Rang	5e	»	3e	»	6e	»	2e	»	1er	1er	4e	2e
Mortalité totale	»	*5,78*	»	4,84	»	2,40	»	4,35	»	4,46	»	4,84
Rang	»	1er	»	3e	»	6e	»	5e	»	4e	»	2e
Mortalité (maladies)	»	*5,06*	»	3,50	»	1,65	«	3,65	»	3,40	»	4,44
Rang	»	1er	»	4e	»	6e	»	3e	»	5e	»	2e
Mortalité (suicides)	»	0,46	»	1,05	»	0,34	»	?	»	0,24	»	?
Rang	»	2e	»	1er	»	3e	»	»	»	4e	»	»

TABLEAU V. — ***Mortalité et mise en réforme par tuberculose dans les armées française, italienne et anglaise.***

ANNÉES	ARMÉE FRANÇAISE			ARMÉE ITALIENNE			ARMÉE ANGLAISE		
	Mortalité	Réformes	Total des déchets	Mortalité	Réformes	Total des déchets	Mortalité	Réformes	Total des déchets
1862-1869	1,53	0,80	2,33	»	»	»	»	»	»
1859-1860	»	»	»	»	»	»	2,62	5,20	7,82
. . . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1886	1,02	3,23	4,25	1,10	0,89	1,99	1,17	1,60	2,77
1887	0,99	3,56	4,55	0,92	1,10	2,02	1,10	1,65	2,75
1888	1,18	4,30	6,48	1,12	1,04	2,16	1,03	1,65	2,68
1889	1,05	4,94	5,99	1,48	1,25	2,73	0,92	1,72	2,64
1890	1,08	5,70	6,78	1,75	1,25	3,00	1,02	2,11	3,13
1891	1,33	6,10	7,43	1,61	1,18	2,79	0,76	1,81	2,57
1892	1,04	6,55	7,59	1,38	1,35	2,73	0,79	1,67	2,46
1893	0,94	6,33	7,27	1,03	1,18	2,21	0,76	1,60	2,36
1894	1,01	6,55	7,56	0,87	1,42	2,29	0,80	1,58	2,38
1895	1,14	8,34	9,48	1,10	1,52	2,62	0,67	1,56	2,23
1896	0,94	7,34	8,28	0,91	1,10	2,01	0,61	1,63	2,24
1897	0,95	7,84	8,79	0,72	1,20	1,92	0,52	1,44	1,96
1898	0,88	7,13	8,01	0,62	0,71	1,33	0,48	1,36	1,84
1899	0,82	6,06	6,88	0,55	1,20	1,74	0,59	1,42	2,01
1900	0,89	5,60	6,49	0,43	1,28	1,71	»	»	»

statistiques françaises, de même, d'ailleurs, que la plupart des statistiques étrangères, font une distinction entre les décès par rhumatisme proprement dit (?) et les décès provoqués par les complications cardiaques : c'est ainsi que dans le taux de la mortalité française (0,03 °/oo) ne sont pas comptés 41 décès d'endo et péricardite survenus au cours de rhumatisme articulaire aigu.

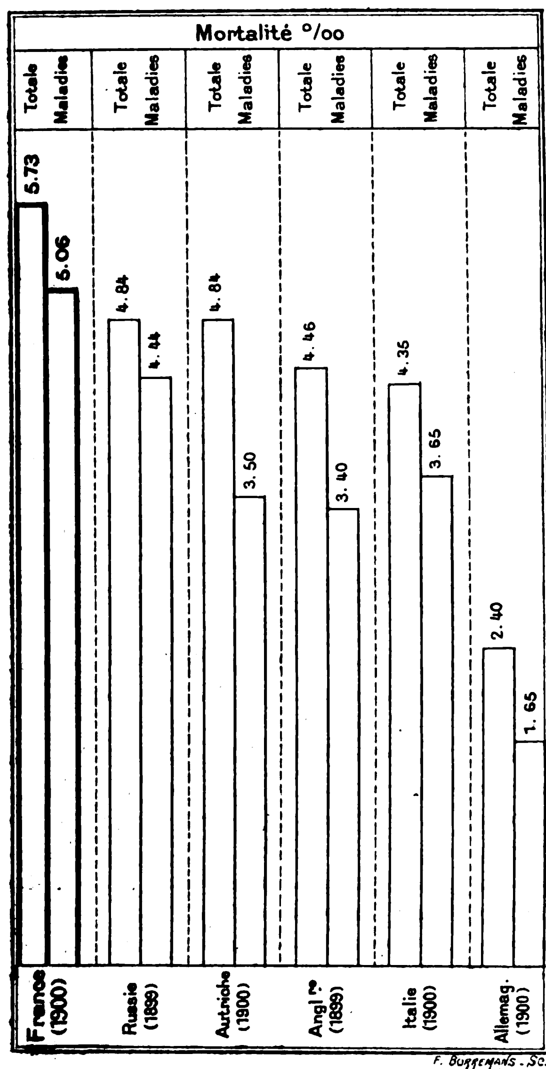


Fig. 3. — *Mortalité générale comparée des armées française et étrangères.*

Tuberculose : Au point de vue des ravages produits par la tuberculose, l'armée française occupe le premier rang.

Cependant, il est assez difficile d'établir une comparaison exacte entre diverses nations, et cela pour plusieurs raisons : ni la morbidité, ni la mortalité tuberculeuses n'expriment toute la tuberculose ni en France, ni ailleurs, étant donné le principe adopté par toutes les armées, et dont la rigueur d'application est seule variable, d'éliminer les tuberculeux dès que la tuberculose est confirmée ou même soupçonnée, sans les hospitaliser. Or, exception faite des armées française, italienne, anglaise et russe, les autres statistiques militaires ne détaillent pas avec la rigueur nécessaire les réformes tuberculeuses, et encore l'armée russe ne nous donne que les réformes pour tuberculose pulmonaire (de même, d'ailleurs, les taux de morbidité et de mortalité tuberculeuses ne concernent que la

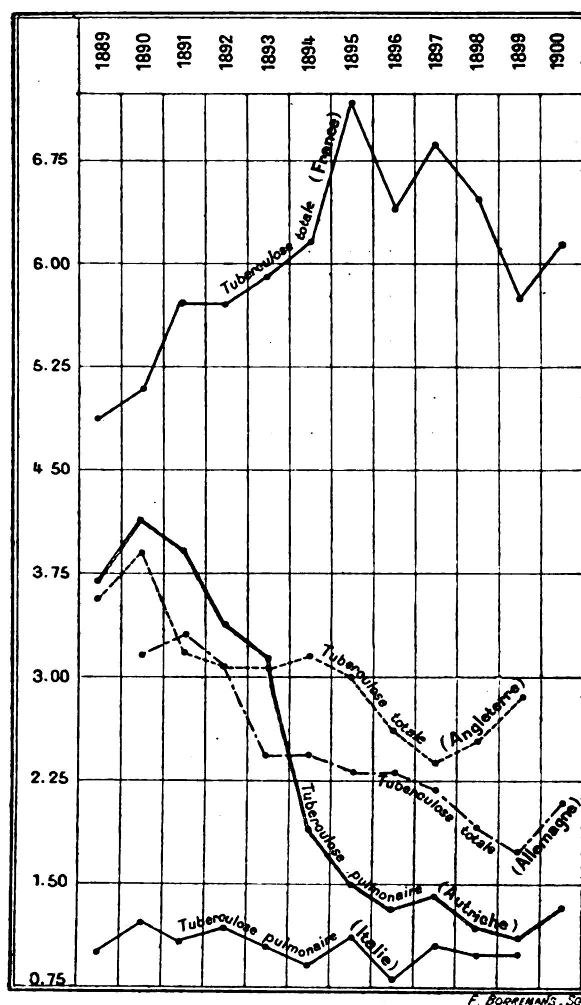


Fig. 4. — *Marche de la morbidité tuberculeuse dans les armées française, anglaise, allemande, autrichienne et italienne.*

tuberculose pulmonaire). Autre difficulté : dans la mortalité de l'armée autrichienne ne figurent que les décès produits dans les hôpitaux, établissements militaires (60); un plus grand nombre de décès par tuberculose (267) se sont produits en dehors de l'armée, dont un certain nombre parmi les admis à la réforme temporaire de courte durée : or les décès par tuberculose ou autres affections qui se produisent dans cette dernière catégorie ne figurent pas dans les statistiques de l'armée française.

Pour ces multiples raisons, une comparaison ne

peut être établie au point de vue des ravages de la tuberculose qu'entre trois armées : française, italienne et anglaise (tableau V, p. 936).

Ainsi donc, l'armée française n'est pas seulement celle qui paye le tribut le plus élevé à la tuberculose; elle est encore la seule parmi les grandes armées (y compris les armées allemande, russe et autrichienne) où les ravages de la tuberculose tendent à progresser (fig. 4). De 1862-1869 à 1892-1900, les pertes dues à la tuberculose ont augmenté dans notre armée de près de 250 °/₀; dans la même période elles ont diminué en Angleterre de 250 °/₀.

Voici, d'autre part, la marche de la morbidité tuberculeuse dans les armées allemande et française (pour les autres armées, voir la figure 4) :

ANNÉES	ARMÉE FRANÇAISE	ARMÉE ALLEMANDE
1892	5,71	3,1
1893	5,58	2,4
1894	6,13	2,4
1895	7,03	2,3
1896	6,38	2,3
1897	6,84	2,2
1898	6,47	1,9
1899	5,81	1,7
1900	6,08	2,1

Maladies vénériennes : 4e rang avec une morbidité de 32 °/₀₀, inférieure de 275 °/₀ au taux de morbidité de l'armée anglaise, la plus atteinte (122,4 °/₀₀), mais supérieure de près de 80 °/₀ à celle qu'accuse l'armée allemande, la plus favorisée (18,50 °/₀₀).

Mortalité totale (5,73 °/₀₀) : 1er rang, dépassant de 140 °/₀ la mortalité totale de l'armée allemande (2,40 °/₀₀), la plus favorisée.

Mortalité-maladies (5,06 °/₀₀) : 1er rang, dépassant de plus de 200 °/₀ la mortalité-maladies (1,65 °/₀₀) de l'armée allemande, la plus favorisée.

Mortalité-suicides (0,46 °/₀₀) : 2e rang, inférieure de 130 °/₀ à la mortalité-suicides de l'armée autrichienne (1,05), la plus atteinte, mais supérieure de 90 °/₀ à la mortalité-suicides de l'armée anglaise (0,24 °/₀₀), la plus favorisée.

Tel est l'état sanitaire comparé de l'armée française et des armées des cinq grandes nations européennes.

Dr V. Lowenthal,
Membre de la Commission extraparlementaire de la Dépopulation.

L'AUTOMOBILISME EN 1903

Depuis qu'ont paru nos derniers articles[1], deux importantes manifestations internationales de l'automobilisme ont eu lieu, sous le patronage de l'Automobile-Club de France : le Salon tenu au Grand-Palais en décembre 1902, et le Congrès réuni à l'Automobile-Club du 15 au 18 juin 1903. Elles ont, l'une et l'autre, apporté dans la question certains éléments nouveaux, que nous allons brièvement résumer, en suivant l'ordre que nous avons adopté pour nos deux premières études.

I. — Voitures a pétrole.

§ 1. — Le carburateur.

L'appareil à pulvérisation est presque exclusivement employé. On s'efforce de lui faire toujours donner le mélange carburé sous forme de brouillard et avec une composition uniforme.

Pour le soustraire le mieux possible à l'influence de la température extérieure, MM. Charron, Girardot et Voigt, Krebs, Richard-Brasier, Gillet-Forest, en France, les Ateliers de Dresde, en Allemagne, etc., au lieu de réchauffer le mélange avec du calorique prélevé sur l'échappement, ont recours à un courant d'eau emprunté à la circulation de refroidissement; ils lui assurent ainsi une température plus uniforme.

Une influence perturbatrice plus difficile à paralyser était certainement celle des variations de vitesse du piston; car cette vitesse, par la dépression qu'elle crée dans le cylindre, règle véritablement la production du carburateur; mais, de ce que le moteur aspire à la fois plus d'essence et plus d'air, à mesure qu'il tourne plus vite, on ne pouvait induire qu'il assurerait spontanément cette identité de dosage, nécessaire à une bonne utilisation du combustible (15 parties d'air en poids pour 1 d'essence, 9 parties d'air pour 1 d'alcool dénaturé)[1].

[1] *Revue gén. des Sciences*, t. XIII, p. 811, 853, 916, 973.

[1] Peut-être aurait-il pu en être ainsi avec deux éléments gazeux, tels qu'ils existent à peu près dans un carburateur à barbotage ou à léchage, qui mélange l'air pur et l'air chargé d'essence ; et il faut probablement voir dans ce fait la raison des bons résultats donnés par certains carburateurs à léchage. Mais la chose était manifestement impossible avec un carburateur à pulvérisation, dans lequel l'essence est aspirée sous forme liquide. Cette essence, en vertu de son inertie plus grande que celle de l'air, ne se met pas en branle, comme ce dernier, aussitôt que s'exerce sur elle la dépression créée par la fuite du piston, et, en revanche, ne s'arrête pas aussi vite que cette dépression, si bien que le liquide continue à gicler un moment après que le piston a cessé d'aspirer.

Effectivement, aux grandes allures du moteur, l'essence arrive en trop grand excès, et il faut, pour que le mélange reste identique à lui-même, augmenter l'entrée de l'air. C'est pour cela que beaucoup de carburateurs sont munis d'un orifice supplémentaire d'admission d'air; mais ce qui leur manque, c'est une forme d'orifice et un mode d'ouverture rationnels, capables de proportionner constamment la quantité d'air à celle d'essence. En admettant que l'orifice soit convenable, le doigté du chauffeur reste insuffisant pour en graduer l'ouverture[1].

Le commandant Krebs, directeur des Établissements Panhard et Levassor, a comblé cette lacune dans le carburateur à réglage automatique représenté par la figure 1. Avec cet appareil, il n'y a plus à s'occuper d'addition supplémentaire

d'air, quand la vitesse du moteur augmente; il n'y a pas davantage à modifier la proportion d'air chaud. La vitesse peut descendre aux taux relativement les plus faibles (150 tours par minute) sans qu'il se produise le moindre raté, sans même que la puissance du coup de piston se trouve modifiée. On comprend quelle souplesse doit en résulter pour la voiture[1].

Plusieurs autres constructeurs, justement pénétrés des avantages du réglage automatique, se sont appliqués à le réaliser. Nous citerons notamment les maisons Mors, Chenard et Walcker, Germain, la Société Industrielle des Téléphones (voitures Ader). La méthode suivie par elles semble moins rationnelle que celle du commandant Krebs, qui, nous devons cependant l'indiquer, a été discutée dans son principe.

MM. Grouvelle et Arquembourg ont récem-

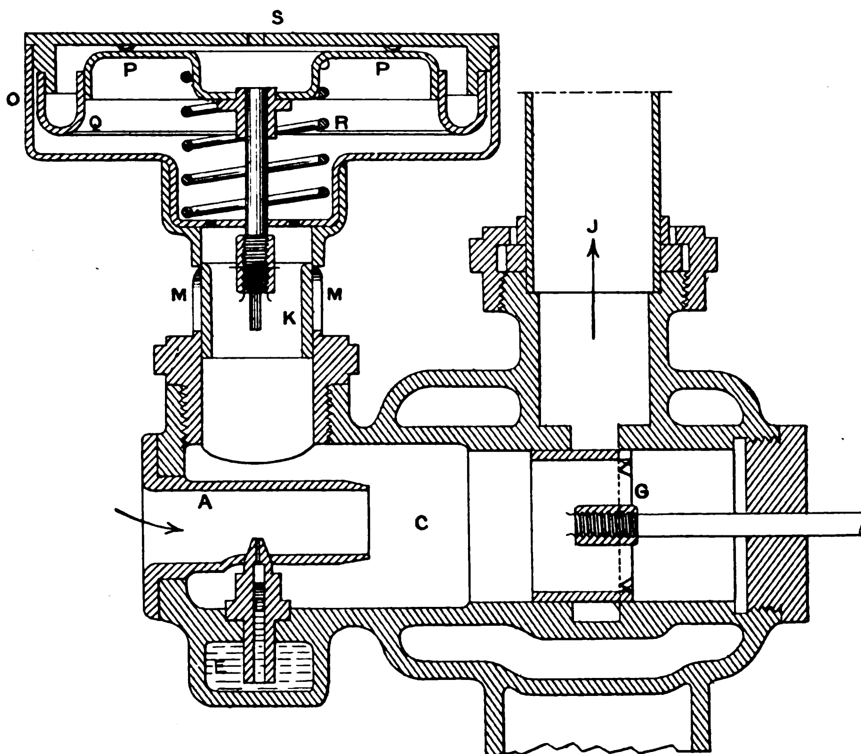


Fig. 1. — *Carburateur à réglage automatique de la maison Panhard et Levassor.* — D est le gicleur, E la chambre greffée sur le réservoir à niveau constant et à corps circulaire du carburateur Centaure que nous avons décrit (T. XIII, p. 812, fig. 4 et 5). G est le tiroir cylindrique, à l'aide duquel se fait la régulation du moteur par l'admission (*ibid.*, p. 816, fig. 6); J le tuyau qui conduit le mélange carburé au cylindre. On voit, autour de la chambre de carburation C, l'enveloppe parcourue par une dérivation de l'eau qui refroidit le moteur. L'air arrive par la tubulure A, d'orifice invariable (calculé pour fournir au carburateur le maximum d'air qui lui est nécessaire), et par les fenêtres M, de forme appropriée (à peu près celle d'un Y sans vide intérieur), et dont l'ouverture est à chaque instant automatiquement proportionnée aux besoins du moteur par le tiroir cylindrique K.

A cet effet, il est commandé par un piston de grand diamètre P, mobile dans le corps cylindrique O, à la paroi duquel il est relié par un soufflet en caoutchouc Q, et dont le fond supérieur est percé d'une petite ouverture S. Quand l'action aspirante du moteur crée la moindre dépression dans la chambre C, cette dépression agit sur le piston assez énergiquement (à cause de la grande surface de celui-ci) pour le faire descendre; le tiroir K descend aussi et découvre partiellement les fenêtres M, augmentant ainsi la proportion d'air admise dans le carburateur.

Pendant la descente du piston P, le vide qu'il laisse au-dessus de lui se remplit lentement d'air par l'ouverture S; cet air s'opposera à sa brusque remontée. Son action, d'une part, celle du ressort à boudin R, de l'autre, empêchent le piston de s'affoler et lui assurent un fonctionnement régulier, que les brusques dépressions produites par le moteur et même les chocs de route ne parviennent pas à troubler.

[1] On a essayé de confier ce soin au régulateur; dans le système de régulation, fondé sur la manœuvre, par un appareil à boules, d'une valve placée sur la conduite d'amenée du mélange, on a chargé le même appareil de commander aussi la fenêtre d'air supplémentaire. Ces deux commandes, il les opère par le mouvement de va-et-vient d'une même tige; or, il est facile de se rendre compte, en y regardant d'un peu près, qu'elles ne devraient pas, comme cela arrive avec une tige unique, s'exercer toujours dans le même sens, parce que les deux fonctions qu'accomplit cette tige, le plus souvent solidaires, cessent parfois de l'être, et peuvent même devenir opposées.

[1] Doit-on dire qu'avec l'appareil Krebs il n'y a jamais de carburation à chercher? Il est deux éléments dont il ne saurait paralyser automatiquement l'influence, le vent et la qualité de l'air. Le premier, suivant qu'il ajoute sa vitesse, d'ailleurs variable, à celle de la voiture ou qu'il l'en retranche, augmente ou diminue l'entrée de l'air dans le carburateur. La seconde, par les variations de la puissance comburante de l'air, résultant par exemple de la diminution de sa densité, à mesure que l'altitude s'élève, modifie la qualité du mélange carburé.

ment combiné un carburateur en vue d'obtenir un fonctionnement assuré, même à faible vitesse du moteur, et une carburation constante, celle-ci par le jeu de lois physiques, sans l'intermédiaire d'aucun nouvel organe en mouvement. On en trouvera l'exposé détaillé dans l'intéressant Rapport que M. Lumet a fait sur les carburateurs au Congrès de 1903, Rapport au cours duquel il a aussi décrit le nouveau carburateur Richard-Brasier, très ingénieux avec ses deux jets de carburant qui se brisent l'un l'autre; sa prise d'air supplémentaire, avec valve en celluloïd, dont le mouvement automatique est réglé par un ressort et un piston; son flotteur réglable d'après la densité du carburant.

§ 2. — Le moteur.

1. *Cycle.* — La recherche du moteur à deux temps n'a toujours pas lassé la patience des inventeurs. MM. Lemaître, Doué, Mont ont proposé des dispositifs nouveaux. Le bichrone, à deux cylindres en V, de M. Lepape était exposé en décembre 1902, comptant déjà, paraît-il, un fonctionnement d'une année. Celui de M. Ravel a, lui, été monté sur une voiture.

2. *Puissance.* — Le moteur de 100 chevaux de la maison Gobron-Brillié a abaissé à 3 kil. 6 le poids du cheval, volant compris; il est à 4 cylindres, munis chacun de 2 pistons.

Pour mesurer la puissance indiquée d'un moteur, nous avions déjà l'indicateur Mathot et le manographe Hospitalier. M. Brocq a signalé au Congrès l'application possible du pressiographe de la « Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usine » et le mesureur électrique de MM. Gaiffe et Gunther. M. Lucien Périssé a décrit les divers appareils propres à mesurer le rendement mécanique d'une moteur ou d'une automobile.

Dans le calcul de la puissance qu'il conviendrait de donner à un moteur, pour le rendre capable d'actionner dans certaines conditions un véhicule donné, l'un des éléments qu'il serait le plus intéressant de connaître est certainement l'effort de traction. Les expériences de Morin et de Dupuit, les premières si remarquables pour l'époque, ont été faites dans des conditions de vitesse, de bandages, etc., qui ne sont plus celles de la locomotion automobile. Comme conclusion du Rapport que nous avions été chargé de faire sur la question, le Congrès a émis le vœu, destiné, semble-t-il, à être bientôt réalisé, que la Commission technique de l'Automobile Club de France organise des expériences pour déterminer les coefficients de traction des roues porteuses et des roues motrices d'une voiture.

Sur cette même question de l'effort de traction, le Congrès a entendu une très intéressante communication de M. le Professeur H.-S. Hele Shaw, secrétaire honoraire de la « British Association », sur les expériences que le Comité de cette Association poursuit pour l'étude de la résistance des voitures à la traction, et dont les résultats jusqu'ici obtenus ont été résumés dans la *Revue*[1], à l'occasion du Congrès tenu par la « British Association » à Belfast en septembre 1902.

3. *Distribution.* — Au Salon de 1902, les soupapes commandées mécaniquement atteignaient la proportion de 45 °/₀ (contre 55 °/₀ de soupapes automatiques[2]). C'est énorme, si l'on songe qu'à celui de 1901 fort peu de soupapes étaient commandées; et il n'est pas défendu d'attribuer dans ce rapide développement un certain effet à la mode, dont l'influence n'est pas niable en automobilisme.

Nous croyons pourtant à la supériorité de la soupape commandée : parce qu'elle augmente la puissance spécifique du moteur par l'ouverture appropriée de l'aspiration (en assurant un meilleur remplissage du cylindre); parce qu'elle améliore son rendement économique par la fermeture opportune de toute communication avec le carburateur, (empêchant ainsi le retour des gaz vers ce dernier et leur refoulement à l'extérieur); parce qu'elle peut être ramenée aux formes et dimensions de la soupape d'échappement, avec laquelle elle devient interchangeable; parce qu'étant faite plus lourde et de plus petit diamètre, elle ne se déforme plus aussi vite et ne vibre plus sous l'action des courants gazeux, qu'elle s'use donc moins vite et diminue beaucoup le bruit du moteur. Ces avantages doivent faire passer sur la complication qu'entraîne la commande des soupapes par l'adjonction d'un second arbre à cames, du côté opposé à celui de l'échappement, ou tout au moins d'un jeu de cames sur l'arbre unique de distribution[3].

4. *Régulation.* — La régulation par l'admission était représentée au Salon de 1902 par l'énorme

[1] *Rev. gén. des Sc.*, tome XIII, p. 1029.

[2] D'après la statistique dressée par M. Lucien Périssé (*Bulletin de l'Association générale automobile*, janvier 1903, p. 14).

[3] Les expériences auxquelles a procédé, au commencement de cette année, la maison Peugeot sur deux moteurs de 6 chevaux, ne différant qu'en ce que l'un avait une soupape libre, l'autre une soupape commandée, ont montré qu'au-dessous de 1.000 tours par minute les puissances des deux moteurs étaient sensiblement égales; à 1.400 tours, la puissance du moteur à soupape commandée était de près de 40 °/₀ plus élevée que celle du moteur à soupape automatique. Ces résultats semblent confirmer la conclusion, peu conforme à l'opinion ordinairement admise, et à laquelle nous sommes personnellement arrivé (*Revue Industrielle*, 4 avril 1903, p. 136), à savoir que la commande des soupapes est relativement plus avantageuse pour les moteurs rapides que pour les moteurs lents.

proportion de 86 °/₀. Le mode le plus employé pour la réaliser est celui de l'étranglement de la conduite du carburateur, qui s'accommode également bien des soupapes d'admission automatiques et des soupapes commandées; avec ces dernières, on peut régler l'admission en faisant varier la levée et la durée de l'ouverture ; avec les soupapes automatiques, on a la ressource de faire varier la force de leur ressort.

Si la phalange des régulateurs sur l'échappement est fort réduite, elle compte encore de grandes firmes : de Dion-Bouton, Gillet-Forest, Otto, Hautier, etc. Les deux premières ont engagé au Concours de voitures de ville, de novembre 1903, des véhicules qui ont donné des résultats fort remarquables au point de vue de l'économie de consommation.

5. *Allumage.* — Au Salon de 1902, l'allumage électrique était appliqué à 96 °/₀ des moteurs; 4 °/₀ seulement étaient munis de systèmes divers, parmi lesquels l'auto-incandescent et l'allumage électro-catalytique Wydts (décidément venus trop tard pour remonter le flot des allumages par accumulateurs ou par magnéto), mais pas un seul brûleur, même (et ceci est peut-être excessif) comme allumage de secours : cela montre dans quel abandon est tombé ce mode d'inflammation.

Les 96 °/₀ d'allumages électriques se répartissaient entre les procédés par étincelle secondaire et par étincelle d'arrachement dans les proportions de 74 °/₀ et de 22 °/₀.

Le premier en date conserve donc encore la priorité comme importance numérique de ses applications. Assez souvent on lui adjoint un trembleur rapide, tel que l'auto-trembleur de MM. Arnoux et Guerre, le vibreur Lacoste[1], etc., et un rupteur, tel que le rupteur Delta, le disrupteur Henrique[2], etc. On s'efforce de le simplifier en faisant desservir tous les cylindres d'un même moteur par une seule bobine.

Mais l'allumage par magnéto se développe de plus en plus, à cause des avantages que M. Brasier a fort bien mis en lumière dans son Rapport au Congrès[1].

Il est maintenant toujours doté d'un dispositif d'avance à l'allumage : c'est, notamment, le cas de l'allumage Mors, qui n'avait pas l'avance variable au moment où nous l'avons décrit[2].

6. *Cylindres.* — Les 95 types de moteurs à pétrole exposés par 51 constructeurs différents, au Salon de 1902, se répartissaient ainsi qu'il suit, au point de vue du nombre des cylindres :

48 °/₀	avaient	4	cylindres.
37	—	2	—
12	—	1	—
2	—	3	—
1	—	8	—

Les 4 cylindres dominaient donc de beaucoup : ce n'était que justice, car ils donnent au moteur un très bon équilibrage. Mais ils sont d'une construction coûteuse, et, à cause de cela, la forte proportion qu'on observait pour eux dans les stands ne s'est certainement pas retrouvée dans le nombre des commandes.

7. *Equilibrage des moteurs.* — Signalons celui qu'on obtient avec les nouveaux modèles à 3 cylindres, presque aussi bon et moins cher que celui donné par les 4 cylindres.

[1] Ce trembleur, substitué au trembleur magnétique ordinaire dans la bobine, quand cette dernière en est munie, porte à près de 450 par seconde les ruptures du courant primaire, qui ne sont, avec le trembleur magnétique, que de 160 à 170, c'est-à-dire incapables d'assurer convenablement l'allumage d'un moteur tournant à plus de 1.000 ou 1.200 tours par minute.

Monté sur le circuit d'une bobine sans trembleur, assurant l'allumage par le procédé de Dion-Bouton, il assure à ce dernier l'avantage de n'avoir plus besoin d'un réglage minutieux et surtout celui d'une mise en marche facile.

[2] Ce rupteur, qui interrompt le circuit secondaire, déjà coupé par la bougie, en un autre point, amène en ce dernier la production d'une seconde étincelle, toutes les fois qu'il en jaillit une à la bougie. Il a les deux avantages, sur l'explication desquels on n'est pas bien d'accord, d'empêcher l'encrassement de la bougie et de mettre en évidence la marche normale de l'allumage.

[1] Il supprime la nécessité de tout ravitaillement et l'emploi d'une bobine, organe délicat, craignant la chaleur et l'humidité, et surtout donnant un courant secondaire, dont la très haute tension (12 à 15.000 volts) a le gros défaut d'exiger un isolement parfait. Avec la magnéto, l'étincelle jaillit par séparation brusque de deux contacts : une tension d'une cinquantaine de volts suffit; il n'est besoin, pour conduire le courant au moteur, que d'un seul conducteur, presque pas isolé et sur lequel se branchent autant de dérivations qu'il y a de cylindres.

Comme le ralentissement et l'accélération du moteur se traduisent par une diminution et une augmentation du voltage de la magnéto, la déflagration est plus instantanée quand le moteur tourne vite que quand il tourne doucement. Il en résulte automatiquement un effet identique à celui qu'on obtient, avec l'allumage par bobine, en faisant varier l'avance à l'allumage.

M. Brasier a aussi constaté que, pour obtenir, avec un même moteur, une puissance déterminée à un certain nombre de tours, il suffisait d'une avance de 12 °/₀ avec une étincelle d'arrachement, tandis qu'il en fallait une de 25 °/₀ avec une étincelle secondaire. Ce fait, en rendant moins nécessaires les variations de l'avance avec la magnéto, simplifie la conduite de la voiture.

Comme causes de pannes, on n'en aperçoit que deux : 1° la magnéto ne donne plus de courant; 2° la rupture de ce dernier ne donne plus d'étincelle. La seconde est ordinairement guérissable par nettoyage des contacts entre lesquels l'étincelle doit jaillir; la première, fort rare, ne l'est pas sur place. C'est le principal reproche qu'on adresse à l'allumage par magnéto; un autre est son prix de premier établissement plus élevé que celui de l'allumage par étincelle secondaire; le troisième, l'usure de l'inflammateur et le jeu pris par la palette, chargée de déterminer la production de l'étincelle en s'écartant de l'inflammateur.

[2] *Rev. gén. des Sc.* t. XIII, p. 818.

Mentionnons aussi le moteur à 8 cylindres de MM. Charron, Girardot et Voigt, dont la complication n'est peut-être pas suffisamment compensée par les avantages qu'offrent 8 cylindres par rapport à 4.

8. *Moteurs verticaux et moteurs horizontaux.* — Les cylindres étaient :

Verticaux	dans	94 %	des moteurs.
Horizontaux	—	3	—
Inclinés	—	3	—

Ces derniers étaient ceux des automobiles Motobloc (système Schaudel) et de la Société des Téléphones (système Ader). Nous croyons savoir que cette dernière se rallie au moteur vertical. Les moteurs horizontaux étaient exposés par les maisons Delahaye, Bardon et Gillet-Forest : leur proportion, qui était encore de 14 % au Salon de 1901, a donc beaucoup décru. Pour les raisons que nous avons déjà données, nous persistons à trouver exagérée cette défaveur.

9. *Refroidissement des cylindres.* — Le radiateur « nid d'abeilles » est très employé, toujours accompagné d'un ventilateur. Nos constructeurs parisiens ne l'ont cependant pas adopté, à cause de sa construction délicate et de la fréquence de ses fuites, très difficiles à trouver et à réparer. MM. Grouvelle et Arquembourg lui préfèrent, même comme rendement, leur nouveau refroidisseur cloisonné et soufflé, à enveloppe métallique servant de réservoir d'eau; M. Loyal, son radiateur multitube, qui fait passer l'eau, non plus dans un tube unique de 20 millimètres de diamètre, mais dans un faisceau de tubes de 5 millimètres, entretoisés par des ailettes oblongues, gaufrées et soudées à chaud en plein bain d'étain. Nos constructeurs de province fabriquent, au contraire, le nid d'abeilles et tâchent d'en diminuer le prix de revient : dans ce but, M. Apprin, à Lyon, le forme de tubes méplats [1].

§ 3. — **Schéma du moteur moderne.**

Dans nos précédentes études, nous décrivions à cette place quelques moteurs nouveaux. Mais ces derniers mois n'ont été marqués par l'apparition d'aucun moteur original; il y a, au contraire, une tendance générale à l'uniformisation pour réaliser le schéma suivant : carburateur à pulvérisation donnant un mélange gazeux de composition aussi constante que possible, 2 ou 4 cylindres verticaux, soupapes commandées mécaniquement, régulation par l'admission, allumage électrique par accumulateurs, dynamo ou magnéto, mais toujours à avance variable, refroidissement par pompe et radiateur.

[1] Si le refroidissement par radiateur et pompe reste la règle, il est intéressant de constater que le thermo-siphon donne très simplement de fort bons résultats sur les Renault, même sur les 24 chevaux Paris-Vienne.

§ 4. — **Transmissions.**

1. *Embrayages.* — Nous constatons de louables efforts pour éviter aux embrayages la poussée que le cône mâle exerce sur le cône femelle et pour faciliter le remplacement de leur ressort. Les embrayages à serrage cylindrique, chez lesquels toute poussée est évitée, commencent à se développer. Charron, Girardot et Voigt, et les Ateliers Daimler entrent dans cette voie (ceux-ci par un embrayage qui n'était pas exposé au Salon de 1902 [1]).

Au Congrès, M. Lelorrain a attiré l'attention sur l'embrayage à spirale de Lindsay, susceptible d'être appliqué aux automobiles, surtout aux poids lourds [2].

2. *Changements de vitesse. Marche arrière. Différentiel.* — Les changements de vitesse ont fait l'objet, au Congrès, d'un intéressant Rapport de M. Louis Renault.

On n'utilise plus la courroie. Nous ne l'avons vue, au Salon de 1902, que sur des voitures Delahaye et sur celles de MM. Fouillaron et Roger de Montais, ces deux dernières munies de poulies extensibles.

Dans 86 % des voitures exposées, les changements de vitesse se faisaient par engrenages. L'attaque directe de la couronne du différentiel, sans l'intermédiaire des deux roues dentées ordinaires, depuis assez longtemps employée sur les voitures légères pour la grande vitesse, l'est maintenant aussi pour les grandes.

La transmission à deux seules paires d'engrenages, comme la maison de Dion-Bouton l'emploie depuis assez longtemps (mais à laquelle elle a renoncé pour ses voitures à 2 cylindres), ne se développe guère : pourtant, il semble que l'élasticité donnée au moteur par le réglage sur l'admission permettrait cette extension. En revanche, MM. Charron, Girardot et Voigt n'utilisent plus avec leurs 8 cylindres aucun engrenage de transmission : l'arbre moteur attaque directement le différentiel.

L'exemple donné par M. de Champrobert avec sa transmission électrique n'est encore pas suivi.

[1] Au Salon, les embrayages se répartissaient entre les divers modes suivant les proportions suivantes :

Cônes droits	74 %
Cônes inverses	13
Serrage cylindrique	10
Divers	3

[2] Cet embrayage repose sur le principe du frein à corde. Celle-ci est remplacée par une bande d'acier doux de section rectangulaire, qui s'enroule sur un manchon en fonte trempée. Il peut transmettre des efforts très considérables.

3. *Transmissions élastiques.* — Au Salon de 1902, on comptait :

62 % de chaines,
35 % d'arbres à la cardan,
3 % de systèmes divers, parmi lesquels quelques courroies.

Dans son Rapport au Congrès, M. Drouin a bien exposé les avantages et inconvénients relatifs des chaînes et des cardans, mais sans conclure à la supériorité d'un système sur l'autre. Dans les concours de consommation et les courses de vitesse, ils se classent pêle-mêle, ce qui semble indiquer des rendements voisins.

4. *Freins.* — Le souci de les faire agir vers l'arrière comme vers l'avant est général. Au Congrès, M. de Sonis a cité un essai intéressant du frein Rassinier [1].

Dans les voitures Otto, le frein de l'arbre différentiel est refroidi par un courant d'eau dérivé de la circulation de refroidissement.

§ 5. — **Autres parties de l'automobile.**

1. *Châssis.* — Le châssis en bois armé est battu en brèche : on lui reproche son manque d'homogénéité, la fixation défectueuse qu'il assure à des organes en vibration sur du bois, le desserrage des boulons [2].

D'un autre côté, les châssis purement métalliques, qui ont donné de si bons résultats pour les chemins de fer, semblent bien avoir leur raison d'être sur des automobiles dont la force augmente chaque jour. En fait, ils commencent à être assez employés. Ils peuvent l'être sous les formes de châssis en fers profilés, en tubes ou en tôle emboutie, principalement sous les deux dernières, car la forme en fers profilés doit être fort lourde pour être suffisamment rigide.

On reproche aux tubes de nécessiter des brasages pour relier aux longerons les diverses pièces du châssis, notamment les traverses. Mais ces brasages, qui auraient des inconvénients majeurs avec des tubes soudés, sont acceptables avec des tubes sans soudures, à la condition d'employer pour la confection de ces tubes des aciers dont l'état moléculaire ne soit pas modifié par l'élévation de température du brasage ; or, ces aciers existent parfaitement [1]. Et si les brasures sont bien faites, les trépidations ne les désagrègent pas.

Les châssis en tôle emboutie, qui ont dès à présent été essayés et parfois adoptés par les plus grandes maisons, offrent, s'ils sont bien construits, une solidité incontestable, avec l'emboîtage de leurs divers éléments les uns dans les autres; les rivets, peu nombreux, qui les relient ne fatiguent guère. On leur donne très facilement la forme que l'on veut; notamment, on les rétrécit à l'avant pour faciliter le braquage des roues [2]. Enfin, on peut les faire très légers.

2. *Ressorts.* — M. S. Pozzy, dans son Rapport au Congrès, a constaté l'abandon du ressort à pincette pour le ressort simple. A l'avant de la voiture, ce dernier est toujours relié au châssis, d'un côté par la main ou bras formant « moutonnet », et de l'autre par une jumelle; à l'arrière, dans les voitures à chaînes, il lui est relié par deux jumelles, qui permettent l'allongement du ressort et facilitent le réglage de la chaîne; dans les voitures à cardan, d'un côté par un pivot fixe, de l'autre par une jumelle. Dans ces dernières, le ressort est quelquefois à crosse, pour augmenter la douceur de la suspension. Celle-ci peut aussi être accrue, dans toutes les voitures, par un cinquième ressort transversal.

Les ressorts sont ordinairement faits avec de l'acier Martin supérieur; pour les voitures de course, on utilise assez souvent les essieux au silicium, au tungstène, au wolfram, à la fois très solides et très légers.

3. *Direction.* — M. Gaillardet a énuméré au Congrès les dispositifs les plus employés. Nous nous contenterons de mentionner comme nouveauté celui que MM. Malicet et Blin avaient exposé en 1902, fondé sur l'emploi d'une came à profil très particulier, roulant sur deux galets faisant avancer ou reculer le bras de commande de la direction.

4. *Essieux, Roues, Bandages.* — M. L. Lemoine,

[1] Le 13 mai 1903, sur la côte de Picardie, un véhicule a été arrêté en 9 mètres, à la vitesse de 14 mètres par seconde, sur une pente de 5,5 %; cela correspond à une accélération négative de plus de 10 mètres par seconde.

[2] Il ne faut cependant pas condamner sans appel, au moins jusqu'à une certaine puissance de moteur, un système qui a, en somme, donné de très bons résultats, et dont la solidité ne peut qu'être augmentée par la précaution que l'on prend depuis quelque temps de donner aux plaques de tôle, qui lui servent d'armatures, le profil de pièces d'égale résistance.

[1] On commence à employer sur une grande échelle pour la construction des voitures les aciers au nickel. M Ch. Astaix a fait au Congrès un Rapport sur la nature et les qualités des métaux employés en automobilisme.

[2] M. Pierre Arbel, au cours de l'intéressant Rapport qu'il a présenté au Congrès, a décrit quelques-unes des formes qu'il donne à ses châssis brevetés dans son usine de Douai. Il préconise un châssis omnibus (à 2 longerons, mains d'avant venues avec ceux-ci, 3 traverses, dont l'une, de forme appropriée, à l'extrémité du faux châssis qui doit recevoir le moteur et le changement de vitesse), facile à fabriquer en séries de toutes longueurs et largeurs, et un châssis avec cuirasse emboutie formant carter de moteur et de changements de vitesse et supportant très bien les organes moteurs.

qui a traité la question des essieux, après avoir passé en revue les divers types, a décrit la fabrication des essieux creux en acier-nickel, employés dans certains cas spéciaux et, notamment, sur les voitures de course[1].

Les essieux à fusées lisses, dits « patent à huile », sont toujours les plus employés, et donnent un très bon service s'ils sont bien fabriqués. Les roulements à billes prennent, cependant, une certaine extension. M. Carlo Bourlet a très nettement dégagé, devant le Congrès, les règles de leur construction rationnelle[2].

M. le commandant Ferras a, avec beaucoup d'autorité, insisté sur certains points de la question des roues. L'abandon des roues à fils d'acier, au moins pour les voitures de quelque poids, lui paraît fort justifié. Dans les roues en bois, l'écuanteur et le carrossage doivent être conservés et seulement réduits dans la proportion strictement nécessitée par le bon fonctionnement de la chaine et du différentiel : les diamètres de 80 à 90 centimètres, généralement employés à l'heure actuelle, semblent les plus convenables pour les roues d'avant et d'arrière, qui doivent, d'ailleurs, être interchangeables. Les roues-disques, les roues à ressorts, les roues élastiques, qui ne sont pas encore devenues pratiques, méritent qu'on les étudie encore. La roue Roussel-Lecomte, dont les rais sont remplacés par des ressorts élastiques, et dont la jante est recouverte de caoutchoucs pleins, est appliquée sur quelques voitures.

On cherche toujours un bandage capable de mettre la voiture à l'abri du dérapage[3] : la solution définitive n'est pas encore trouvée. Nous signalerons pourtant le pneu-cuir Samson, dans lequel l'enveloppe de caoutchouc est recouverte d'une enveloppe de cuir munie d'une bande de roulement avec rivets qui s'accrochent au sol et empêchent le dérapage. Les bandages, qui suppriment ce dernier, ont en général des inconvénients, comme ceux d'alourdir la voiture, de diminuer la souplesse du pneu, de coûter cher, de s'user vite etc.

5. *Caisse*. — On trouvera, dans le Rapport que M. Jeantaud a fait, au nom du jury du Concours d'élégance, sur les voitures exposées en décembre 1902, de précieuses indications statistiques et techniques. Sur 411 véhicules examinés, 184 appartenaient au genre tonneau; le double-phaéton, qui diffère principalement du tonneau par la façon dont on accède aux sièges d'arrière (ordinairement en déplaçant un des sièges d'avant), comptait 49 représentants, et la limousine, qui est le tonneau ou double-phaéton fermé, n'en avait pas moins de 50. A eux trois, ces types formaient donc presque les trois quarts des voitures exposées; leur vogue se comprend bien, mais ils ne seront véritablement confortables que le jour où ils offriront à l'arrière une cinquième place pour le chauffeur et où ils auront une entrée latérale. M. Kellner a démontré récemment la possibilité pour eux de réaliser ces desiderata.

La proportion des voitures fermées est en voie de croissance : cette tendance ne peut que s'accentuer.

La voiturette a presque disparu, comme cela devait arriver.

Les caisses sont tout en bois ou complètement en aluminium, ou en bois et aluminium. Les voitures les plus élégantes, aux peintures impeccables, sont presque toutes en bois ou au moins à panneaux de bois. L'aluminium ne permet pas les élégis, les nervures et les délicatesses des moulures en bois. Le mélange de celui-ci et de l'aluminium doit être proscrit, à cause de la facilité avec laquelle le métal est attaqué par l'humidité, entretenue par les moulures en bois qui sont employées pour sertir les panneaux.

Presque toutes les voitures, ayant leur moteur vertical à l'avant de leur châssis, ont également un capot pour recouvrir ce moteur. Où l'uniformité devient excessive et malheureuse, c'est quand elle assigne à ce capot, visiblement inspiré et parfois maladroitement copié de celui des Mercédès, la forme si justement stigmatisée sous le nom de capot-cercueil.

M. L. Auscher a fait au Congrès un Rapport très complet sur la carrosserie automobile.

[1] Pour une voiture de 1.000 kilogs de poids à vide, ces essieux ont ordinairement 38 millimètres de diamètre; ils pèsent 25 et 18 kilogs. pour l'avant et l'arrière du véhicule, au lieu des 35 et 28 kilogs qu'ils pèseraient en fer plein. Les essieux avant et arrière ne doivent pas fléchir de plus de 28 et 15 millimètres, en leur milieu, sous les charges également réparties sur les patins des ressorts de 1.800 et 2.200 kilogs; après l'enlèvement de la charge, toute déformation doit disparaitre.

[2] Dans une voiture automobile, les roulements à deux contacts ne sont pas à conseiller. Les roulements à trois contacts sont ceux qu'il convient généralement d'employer; mais ils devront être tracés de façon que le contact unique ait lieu sur la pièce fixe et que le pivotement sur cette pièce soit rigoureusement nul. Les billes devront être grosses. Il n'y a lieu de conseiller les roulements à quatre contacts que dans les cas de paliers supportant de très fortes pressions et où la pièce tournante tourne lentement.

[3] Ce dernier a été l'objet d'une étude théorique de M. Carlo Bourlet, présentée aussi au Congrès, qui a conduit l'auteur à des conclusions conformes aux résultats de l'expérience. Elle a mis en relief les avantages qu'il y a, pour diminuer le dérapage par freinage brusque sur les voitures à arrière-train moteur, à répartir la charge également sur les quatre roues, à concentrer les pièces lourdes au centre de la voiture, à faire celle-ci très longue, à freiner sur l'arbre différentiel. Cette théorie explique, par le soulèvement de l'arrière de la voiture, la possibilité du tête-à-queue *sur sol sec* aux très grandes vitesses, lors d'un virage brusque, déjà trop bien établi par de douloureux accidents.

6. *Graissage.* — Dans le domaine du graissage, une nouvelle méthode apparaît, inspirée de celle qui, dans les machines fixes, soumet le lubrifiant à une circulation continue. Le classique barbotage, accusé de gaspiller l'huile et de lui enlever fort vite ses qualités par le battage incessant auquel il la soumet, est donc menacé.

§ 6. — **Les Résultats.**

Dans l'étape Paris-Bordeaux, de la course Paris-Madrid, interrompue, on le sait, par de nombreux et douloureux accidents, Gabriel, sur la voiture Mors de 70 chevaux, dont nous donnons (fig. 2) la photographie, a réalisé la vitesse moyenne de 104 kilom. 665 à l'heure, bien supérieure à celles qui avaient été atteintes jusqu'alors et qui rend bien difficile pour l'avenir l'organisation de courses sur route.

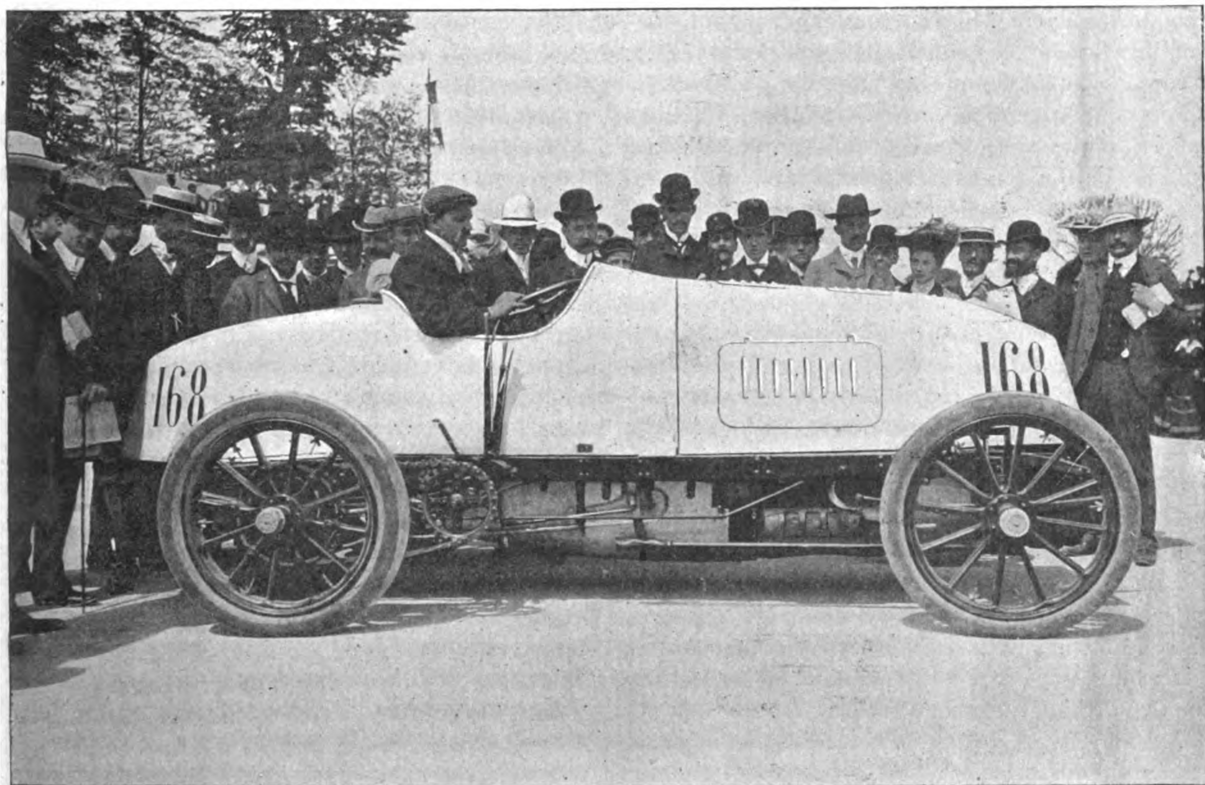


Fig. 2. — *Voiture Mors, gagnante de l'étape Paris-Bordeaux dans la course Paris-Madrid.* — Les quatre cylindres en acier ont été creusés dans la masse avec leur chambre à eau, sans joints. Le moteur a donné au frein une force d'environ 60 chevaux. Transmission par engrenages, avec quatrième vitesse en prise directe. Châssis en acier. On remarquera la forme en canot renversé de la caisse, effilée à l'avant et à l'arrière, pour atténuer autant que possible les effets de la résistance de l'air.

Dans la course internationale Gordon Bennett, courue au commencement de juillet, sur les routes d'Irlande peu propices aux grandes vitesses, Jenatzy, sur voiture Mercédès de 60 chevaux, a réalisé la vitesse moyenne de 89 kilom. 184. Après la voiture allemande sont arrivées les trois voitures composant l'équipe française : les deux voitures Panhard de 70 chevaux pilotées par R. de Knyff et H. Farman (86 kilom. 634 et 86 kilom. 424), et la Mors de Gabriel (82 kilom. 412). Ces quatre voitures sont les seules qui aient été classées. La voiture anglaise Napier, montée par Edge, n'a fait le parcours des 592 kilomètres qu'à la vitesse moyenne de 63 kilom. 655. Les deux autres voitures Napier, les deux autres Mercédès, les deux Winton et la Peeless représentant l'Amérique, n'ont pas achevé la course.

Le 17 juillet 1903, à Ostende, Rigolly, sur Gobron-Brillié de 100 chevaux, a abaissé à 26″4 le record du kilomètre lancé; cela correspond à la vitesse de 134 kilom. 328.

En février 1903, sur la route Suresnes-Corbeil et retour (100 kilom.), la dépense par tonne kilométrique a été abaissée par un camion Peugeot de 12 chevaux à 0 lit. 0489 d'essence. Une voiture légère 6 chevaux de la même marque a dépensé 0 lit. 0534, une voiturette 6 chevaux de Dion-Bouton 0 lit. 0733.

II. — Voitures a vapeur.

Nous n'avons rien à ajouter au long article que nous leur avons consacré.

Nous dirons seulement que, pour la première fois, M. Serpollet nous a montré, au Salon de 1902, une voiture de 46 chevaux, faite pour la course, qui, en avril 1903, à Nice, s'est adjugé pour la troisième fois, par suite définitivement, la coupe de Rothschild, faisant le kilomètre lancé en 29"19, soit à raison de 123 kilom. 300 par heure.

Nous mentionnerons le Rapport fait au Congrès, par M. Turgan, sur les générateurs et moteurs à vapeur. L'auteur signale l'impossibilité de tenir le feu propre comme une véritable pierre d'achoppement pour la locomotion à vapeur, par suite de la mauvaise utilisation qui en résulte pour les chaudières à grille. Si l'on veut employer un combustible liquide, ce ne sont pas les brûleurs, faciles à conduire, qui manquent; mais très peu de chaudières sont susceptibles de recevoir les dispositions spéciales que nécessite cet emploi à bord d'une automobile. La condensation de la vapeur d'échappement demande encore à être étudiée.

Les bons résultats donnés par les turbines à vapeur pour la propulsion des navires ne permettent pas d'espérer de longtemps l'application de ces remarquables engins à l'automobilisme, parce qu'ils ne peuvent encore être construits pratiquement pour une puissance inférieure à 1.000 chevaux.

III. — Voitures électriques et mixtes.

La partie électrique était représentée au Salon par de fort jolies voitures, tout à fait appropriées au service urbain qu'elles sont destinées à assurer si confortablement. Mais le type en est depuis assez longtemps fixé et l'Exposition ne nous a rien montré de bien nouveau à cet égard.

Au Congrès, plusieurs communications intéressantes ont été faites.

M. Lavezzari a marqué les progrès réalisés depuis le Congrès de 1900 par les accumulateurs au plomb à oxyde rapporté[1].

M. Rechniewski, après avoir montré que les moteurs d'automobiles pouvaient varier à l'infini comme forme et disposition, a fixé les conditions de leur établissement, analogues et peut-être plus dures que celles des moteurs de tramways et de chemins de fer. M. A. Nodon a décrit les soupapes électriques et M. G. Faget les transformateurs rotatifs, tous appareils permettant de faire avec du courant alternatif du courant continu utilisable pour la locomotion électrique.

M. R. Kœchlin a parlé de la traction sur routes par omnibus à trolley: le système Lombard-Gerin est appliqué à Fontainebleau, Montauban et Marseille, sur des parcours d'environ 4 kilomètres; l'auteur croit à son développement dans les régions pourvues de stations centrales d'électricité[1].

Les voitures pétroléo-électriques ont fait l'objet de deux Rapports : l'un, de M. Lumet, sur la voiture Kriéger; l'autre, de M. L. Lohner, sur les voitures mixtes en général. Ce dernier donne une classification méthodique et complète de tous les systèmes essayés jusqu'à ce jour. La voiture à transmission entièrement mécanique, avec dynamo et accumulateurs auxiliaires, semble définitivement abandonnée; c'est la voiture à transmission purement électrique, avec ou mieux sans batterie-tampon, qui est pour le moment la plus en faveur. L'avenir nous dira quel type doit prédominer et si la voiture mixte est capable de fournir le bon service qu'attendent d'elle ses protagonistes. Elle est, pour le moment, l'objet d'études fort sérieuses : dans les trois premiers mois de l'année courante, sept voitures mixtes ont vu le jour, trois en Amérique et quatre en Europe[2].

Gérard Lavergne,
Ingénieur civil des Mines.

[1] Les électrodes sont restées à peu près ce qu'elles étaient et se détériorent dans un délai encore trop court. Mais le montage des éléments et des pièces accessoires a été grandement perfectionné; les bacs ont été améliorés; les connexions entre éléments sont bien assurées.

Le poids moyen total du kilowatt-heure s'est abaissé de 65 à 55 kil. 3, pour un régime moyen de décharge de 40 ampères; à 47 kilogs, pour un régime moitié du précédent. Le régime a toujours, on le voit, une grande importance : il faudrait établir des batteries aussi indifférentes que possible à l'allure de la décharge.

Tous les accumulateurs soigneusement étudiés se valent à peu près et ne diffèrent guère que par des nuances, provenant de l'objectif particulier que les constructeurs ont eu en vue : augmentation de la capacité, de la durée, diminution du prix, etc.

[1] Le coût d'établissement d'une voie est, en moyenne, de 30.000 francs par kilomètre; l'intérêt, l'amortissement et l'entretien peuvent être évalués à 0 fr. 60 par kilomètre et par jour. En comptant à 0 fr. 20 le prix du kilowatt-heure, la dépense kilométrique (frais généraux non compris) est de 0 fr. 30 par voiture parcourant journellement 80 kilomètres. Tout cela fait, en somme, de l'omnibus à trolley un moyen de transport économique, mais qui ne va pas, sur les pavés de nos villes, sans beaucoup de vibrations ni de bruit.

[2] Nous n'avons pas mentionné, dans cette courte étude, tous les Rapports qui ont été présentés au Congrès; nous n'avons que la place de nommer ceux de M. *Mors* sur les appareils de chronométrage; de M. *Edmond Chaix* sur les cartes et guides, les signaux avertisseurs, le goudronnage des routes et les chronomètres de poche; de M. *Cottenet* sur l'équipement des voitures automobiles; de M. *Kellner* sur le transport des voitures par chemin de fer et par eau; de M. *F.-M. Richard* sur l'unification des dimensions de pièces d'automobiles; de M. *A. Ballif* sur les formalités pour le passage d'un véhicule automobile d'un territoire sur un autre.

LE PROBLÈME SCIENTIFIQUE D'UNE LANGUE ARTIFICIELLE

FONDEMENTS ET PROGRÈS DE L'ESPERANTO[1]

S'il est un point sur lequel tout le monde semble d'accord, c'est que l'existence d'une langue internationale, permettant à tous les habitants du monde civilisé de se comprendre entre eux par un langage parlé ou écrit, serait aujourd'hui de la plus grande utilité.

Tant que les relations entre peuples sont restées rares et les moyens de communications lents et peu commodes, on n'a attribué à cette idée d'une langue internationale qu'une attention restreinte et d'ordre simplement spéculatif. De grands esprits, tels que Bacon, Pascal, Descartes, Leibnitz, Condillac, Ampère, etc., ont bien parlé, en leur temps, en faveur d'une pareille idée; mais elle est restée à l'état théorique, et il ne semble pas qu'aucun essai sérieux ait été tenté autrefois pour la faire passer dans le domaine pratique.

Aujourd'hui, les rapports grandissants entre peuples et la multiplicité des transactions commerciales font sentir de plus en plus l'état de choses contradictoire constitué par la diversité des langues, d'une part, et par les tendances aux rapprochements internationaux, d'autre part. La question d'une langue internationale devrait donc être, plus que jamais, inscrite à l'ordre du jour parmi les préoccupations actuelles. Et cependant, quand on vient à aborder ce sujet, on ne recueille, en général, que des sourires d'incrédulité, et l'on est classé, d'emblée, au rang des utopistes.

D'abord, la question est ordinairement mal comprise, et, parmi les objections *a priori* qui vous sont présentées, on trouve, habituellement, celle-ci :

« Comment pouvons-nous espérer que les grands peuples civilisés consentent jamais à abandonner, en échange d'une langue universelle quelconque, leur langue nationale, dans laquelle se trouvent, en quelque sorte, incarnés leur esprit, leur histoire et leur personnalité? »

Nous sommes d'accord à ce sujet; aussi n'est-il question de rien de pareil : *international* n'a jamais signifié : *universel et seul de son espèce*, et, pour atteindre le but pratique que l'on a en vue, il s'agit seulement d'*adopter* ou de *créer* une langue unique *auxiliaire*, spécialement destinée aux rapports internationaux, et fonctionnant à côté des langues nationales, non pour les supplanter, mais simplement pour les aider. Cette langue unique et commune à tous serait la véritable langue étrangère de l'humanité. Ce serait la seule que chacun aurait à étudier, en dehors de sa langue nationale, pour pouvoir correspondre avec n'importe qui.

Quelle serait cette langue unique? — Si, parmi les langues existantes, on en pouvait trouver une qui présentât un ensemble de qualités suffisantes pour en imposer l'adoption générale, il n'y aurait évidemment pas lieu de chercher plus loin.

Mais une telle langue existe-t-elle? Quelles sont les conditions essentielles auxquelles elle devrait satisfaire?

Elle devrait :

1° Ne froisser aucune susceptibilité nationale;

2° Être simple, facile à apprendre pour les classes d'instruction moyenne, que la commodité des relations internationales intéresse au plus haut point.

La première condition suffirait évidemment à exclure une des langues vivantes actuellement employées.

Aurons-nous plus de chance en nous adressant à une langue morte?

L'idée du latin vient à tout le monde. Cette langue n'a-t-elle pas déjà été utilisée comme moyen de correspondance, jusqu'à un certain point international, par des philosophes et savants du Moyen-Age, n'appartenant pas à la même nationalité?

Malheureusement, ce qui était possible à cette époque, avec le latin, ne l'est plus aujourd'hui. A des idées et à des connaissances nouvelles, il faut de nouveaux éléments d'expression, et un bon nombre de mots, ou même de racines, manque-

[1] Jusqu'à présent, tout ce que nous savons des langues nous montre en elles des phénomènes naturels, soumis aux lois générales de l'évolution organique. Nous n'en avons vu aucune naître d'une synthèse consciente et volontaire, aucune résulter d'une convention quelconque entre les hommes. C'est par voie d'analyse que l'enfant parvient à les comprendre, le savant à découvrir comment elles se forment, se développent et disparaissent. La grammaire se borne à constater ce que l'usage les a faites; même pour les enseigner, elle apparaît aussi insuffisante que le serait, pour apprendre à danser sur la corde, le traité le plus complet des lois de l'équilibre.

Est-il possible de constituer par méthode de composition une langue destinée à vivre? Une telle entreprise semble de prime abord d'autant plus hardie qu'elle s'exercerait au rebours de tous les procédés naturels. Elle invoque parfois en sa faveur l'exemple de l'Algèbre, en quoi elle se méprend sur l'essence même de ce système de généralisation, qui, en réalité, n'est pas une langue.

Quoi qu'il en soit, cette tentative gagne en ce moment à sa cause de telles adhésions, et, si elle réussissait, rendrait aux gens de science de tels services qu'il devient utile de la soumettre à leur appréciation. Tel est le but du présent article. (NOTE DE LA DIRECTION.)

raient actuellement, dans la langue latine, pour rendre des idées dont l'emploi est courant aujourd'hui. D'autre part, le latin ne satisfait pas plus qu'aucune des langues vivantes actuelles à la deuxième condition, *facilité d'étude*, que réclamerait une langue internationale pour recruter de nombreux adeptes et imposer son emploi. Pour plier le latin aux exigences nécessaires, il faudrait le transformer et le mutiler de telle façon qu'il deviendrait méconnaissable[1]. Une telle transformation serait tout simplement la mort du latin classique, et ceux qui, par amour de cette langue, l'auraient proposée comme langue internationale, seraient les premiers à le déplorer, une fois le fait accompli.

Et, comme les autres langues mortes présentent, à un degré encore plus élevé, les inconvénients que l'on peut reprocher au latin, il n'y a pas lieu de s'y appesantir davantage.

Il ne reste donc qu'à entrer délibérément dans une troisième voie : *la création, de toutes pièces, d'une langue nouvelle artificielle.*

A l'énoncé d'une semblable idée, les adversaires systématiques d'une langue internationale crient à l'impossibilité et à l'utopie. Et, cependant, parmi les linguistes, il en existe bien quelques-uns qui, malgré leur connaissance approfondie des langues et de leur évolution, ne semblent pas professer la même opinion. Citons, sur ce point, celle de l'un des maîtres de la Philologie contemporaine, Max Müller :

« *La conception d'une langue artificielle, jouant, à côté des idiomes nationaux, le rôle d'organe international, est certainement réalisable. J'affirme que cette langue artificielle peut être beaucoup plus régulière et plus parfaite, plus facile à apprendre que n'importe laquelle des langues naturelles de l'humanité* ».

Mais, dans un projet de création d'une langue artificielle, un double point de vue se présente encore.

La langue internationale, avons-nous dit, doit être *simple* et *facile.*

On pourra la rendre *simple*, comparativement aux langues existantes, en n'introduisant, dans sa grammaire, qu'un petit nombre de règles absolument générales, et en n'y tolérant, sous aucun prétexte, les diverses exceptions, irrégularités, complications, etc., dont on critique la présence dans nos langues, sans pouvoir justifier leur maintien autrement qu'en disant qu'elles sont le résultat d'un usage prolongé et que, par ce seul fait, elles sont devenues trop respectables pour qu'on se permette d'y toucher.

[1] Voir, dans le journal *l'Espérantiste*, les articles détaillés de M. de Beaufront, sur les raisons qui s'opposent à l'adoption du latin comme langue internationale auxiliaire.

Mais ce n'est pas seulement sur la grammaire que doivent porter la simplicité et la facilité exigées : c'est aussi bien sur le vocabulaire, c'est-à-dire sur le système des mots et surtout des racines qui sont les éléments de formation de ces mots.

Si l'on n'envisage que la simplicité, au sens absolument strict du mot, il pourra sembler avantageux, au premier abord, de ne tenir aucun compte des racines existant actuellement dans les diverses langues, et d'en créer, de toutes pièces, un système entièrement nouveau, ne visant qu'à la brièveté par l'adoption de formes radicales comprenant le plus petit nombre possible de lettres ou de signes représentatifs conventionnels. De ces racines simples, on dériverait, par un certain nombre de règles fixes, les diverses formes substantives, adjectives, verbales, etc., des mots, c'est-à-dire les éléments immédiats de la constitution de la phrase.

Il suffit d'un instant de réflexion pour se rendre compte qu'un pareil système, si satisfaisant qu'il pût être en théorie, manquerait, au point de vue pratique, de deux qualités essentielles : la *facilité* et l'*internationalité*. Par le fait même que chacun n'y reconnaîtrait absolument rien de ce qui existe dans sa langue maternelle, l'acquisition en deviendrait écrasante pour la mémoire.

N'en serait-il pas tout autrement si, au lieu de faire table rase de tout ce qui existe, on cherchait à prendre, dans nos langues actuelles, ce qu'elles peuvent fournir d'avantageux à la formation de notre vocabulaire? Un grand nombre de racines sont communes à presque toutes les langues ou, du moins, à un certain nombre d'entre elles. On peut en dire autant des mots qui ont été tirés artificiellement du grec ou du latin pour exprimer des idées ou indiquer des objets d'origine moderne. Adoptons délibérément ces racines pour la langue internationale, et la mémoire sera soulagée d'autant dans l'étude de cette langue. Nous aurons peut-être moins de simplicité théorique : nous aurons, en revanche, plus d'avantages pratiques et c'est surtout à cela que nous devons viser pour le moment.

C'est précisément en s'inspirant de ces considérations qu'un médecin russe, le Dr Zamenhof, a créé, il y a une douzaine d'années, la langue internationale dite *Esperanto*[1], qui, après des débuts assez pénibles, a, aujourd'hui, recruté déjà un grand nombre d'adeptes et semble prendre un mouvement d'extension assez important pour justifier

[1] Ce nom provient simplement de ce que le Dr Zamenhof, voulant garder l'anonyme au début, a publié ses premiers ouvrages sous le pseudonyme « *Doktoro Esperanto* » (le Dr *Espérant*), d'où le nom adopté par les adeptes pour désigner la langue.

la publication d'un article un peu détaillé à ce sujet, dans une Revue comme celle-ci.

Nous allons donc essayer de donner un aperçu de la physionomie générale de cette langue et de ses principales caractéristiques, en nous inspirant surtout, comme nous venons déjà de le faire dans les considérations précédentes, des ouvrages et des articles publiés, sur l'Espéranto, par l'un de ses promoteurs les plus ardents et les plus compétents, M. de Beaufront, véritable champion du mouvement espérantiste en France.

Une langue complète doit comprendre :

1° Un ensemble de règles de grammaire;

2° Un système de racines correspondant à chacune des idées fondamentales à exprimer;

3° Un ensemble de règles permettant de tirer de ces racines une collection de *mots* correspondant à des variantes ou à des dérivés de l'idée fondamentale contenue dans la racine.

Examinons comment l'Esperanto satisfait à chacune de ces trois exigences.

I. — Grammaire Esperanto.

La grammaire Esperanto comprend, en tout, seize règles, dont la brièveté et la simplicité sont telles qu'une heure d'étude suffit amplement à les acquérir.

L'article défini *le*, *la*, *les*, *l'* se traduit invariablement par *la* pour tous les nombres, genres et cas. Il n'existe pas de correspondant à notre article indéfini *un*, *une* et c'est précisément l'absence d'article, devant le substantif, qui exprime, en Esperanto, l'indétermination rendue en français par *un*, *une*. Exemple : *Tablo* (une table); *la tablo* (la table); *Frukto* (un fruit); *la frukto* (le fruit).

La forme substantive est caractérisée (comme le montrent les deux exemples précédents) par la voyelle finale *o* ajoutée à la racine, lorsque le substantif joue le rôle de sujet, au singulier. (Cette voyelle terminale du substantif est empruntée aux langues espagnole, portugaise et surtout italienne). Le pluriel se forme par l'addition de la demi-voyelle *j* à cette finale[1]. Exemple : *Tablo* (une table); *tabloj* (des tables).

Enfin, quand le substantif joue le rôle de complément direct, il prend, tant au singulier qu'au pluriel, un *n* final, qui caractérise l'accusatif. Exemple : Apportez la table et les fruits; *Alportu la tablon kaj la fruktojn.*

[1] Le *j* esperanto ne correspond pas à notre *j* français, mais à l'*y* dans le mot *yeux* ou au son qui suit l'*a* et l'*e* dans les mots *bail*, *soleil*, tels qu'on les prononce dans les régions où l'*l* mouillée est aujourd'hui réduite (à Paris notamment). Cette terminaison du pluriel rappelle donc le *oi* du grec classique. D'ailleurs la lettre *i* indique fréquemment le pluriel, tant dans les langues slaves qu'en latin ou en italien.

Pour les objets inanimés, le genre grammatical masculin ou féminin, et, par suite, les innombrables difficultés d'usage qu'il entraîne dans la plupart des langues, n'existent pas en Esperanto. Le sexe seul imposera une distinction grammaticale entre noms masculins et noms féminins, au moyen d'un suffixe spécial dont il sera question au chapitre III.

La forme adjective est invariablement caractérisée par la voyelle finale *a*, à laquelle s'ajoutent le *j* du pluriel et l'*n* accusatif dans les mêmes conditions que pour le nom. (C'est l'*a* qui termine la plupart des adjectifs féminins en grec, en latin, en italien, etc. C'est généralement aussi cette lettre qui marque l'adjectif en suédois.)

Pourquoi, dira-t-on, l'Esperanto, qui vise à la simplicité, ne laisse-t-il pas l'adjectif tout à fait invariable comme l'article? La langue anglaise n'agit-elle pas ainsi? Ne suffit-il pas de marquer, dans le substantif, le pluriel par la finale *j* et le rôle d'accusatif par la lettre *n*, sans introduire le même changement dans le qualificatif qui s'y rapporte?

Si l'adjectif accompagnait toujours le substantif, cette manière de faire ne présenterait pas d'inconvénients : mais souvent on le trouve seul, comme complément direct singulier ou pluriel. Dans ce cas, il aurait évidemment été illogique de le laisser invariable, et il aurait pu en résulter des ambiguïtés. On avait donc le choix entre l'adoption de deux règles distinctes ou d'une seule : une discussion approfondie a décidé l'auteur de la langue en faveur d'une règle unique et constante.

C'est pour une raison analogue qu'on trouve, en Esperanto, une réminiscence des déclinaisons latines et grecques, par la conservation d'un cas accusatif avec la terminaison *n* qui le caractérise. Certaines langues, il est vrai, telles que le français, se passent de l'accusatif et de tous les autres cas, mais c'est aux dépens d'autres avantages. En particulier, ce sacrifice des cas de déclinaison entraîne une série de règles pour l'ordre des mots à respecter dans la construction des phrases : il donne à la langue une rigidité souvent gênante, et, sans rien ajouter à la clarté et à la logique, il lui enlève la souplesse et la liberté d'allure qui caractérisent les langues à déclinaison et, en particulier, l'Esperanto.

D'autre part, le Dr Zamenhof a ingénieusement et très simplement utilisé cette même forme accusative pour ne pas permettre à l'Esperanto de présenter des ambiguïtés de sens telles que celle que l'on rencontre dans la phrase française suivante : *Le chamois vient de sauter sur le rocher*, où l'on ne sait si l'animal était d'avance sur ce rocher pour y exécuter des sauts, ou si, au contraire, il vient de

s'élancer, par un saut, du sol environnant sur le rocher en question.

On rencontre une ambiguïté analogue dans la phrase suivante : *J'aime votre fils plus que vous.* Le pronom *vous* désigne-t-il le sujet aimant ou l'objet aimé? Des incertitudes de ce genre sont complètement évitées en Esperanto, grâce à un emploi convenable de l'*n* accusatif.

C'est surtout à propos du verbe que l'on peut apprécier la facilité et la simplicité qu'offre l'Esperanto. L'habitude que nous avons de notre langue française ne nous permet pas d'apprécier, à leur juste valeur, les difficultés que doivent présenter aux étrangers apprenant le français les 2.265 terminaisons verbales qui s'y trouvent. Par contre, ceux d'entre nous qui ont entrepris l'étude de l'allemand ou de l'anglais savent quelle peine impose l'étude de leurs verbes irréguliers. L'Esperanto, avec 12 formes terminales seulement, résout de la façon la plus simple toutes les difficultés de la conjugaison, aussi bien pour la voix passive que pour la voix active. Le verbe être lui-même, irrégulier dans toutes les langues [1], y présente la même simplicité que les autres soit lorsqu'il est employé seul, soit lorsqu'il prend la forme de verbe auxiliaire sous laquelle on le rencontre si fréquemment.

Les terminaisons verbales sont les suivantes :

i pour l'infinitif : *ami* (aimer). Imité de l'infinitif passif latin et formant, pour ainsi dire, l'abréviation des infinitifs français en *ir*, des infinitifs latins et italiens en *ire*, des infinitifs allemands en *iren*;

as, *is*, *os*, *us* pour le présent, le passé, le futur et le conditionnel. Exemple : *mi amas* (j'aime); *ni amis* (nous avons aimé); *vi amos* (vous aimerez); *ili amus* (ils aimeraient). On trouve la lettre *s* à la fin de chacune de ces terminaisons, comme on la trouve constamment en grec, en latin, en français à la deuxième personne du singulier. L'anglais l'offre à la troisième personne. Elle peut donc être regardée comme une terminaison verbale dans quatre grandes langues, au moins [2] ;

u pour l'impératif-subjonctif (emprunté aux impératifs hébreu et arabe). Exemple : *venu* (venez); *li venu* (qu'il vienne);

ant, *int*, *ont*, pour les participes présent, passé et futur actifs. Exemple : *amanta* (aimant); *aminta* (ayant aimé) ; *amonta* (devant aimer). Le *nt* de ces participes est emprunté aux participes présents actifs du latin (*amantis*), du grec (λυοντος), de l'italien (*cantante*), du français (*parlant*) ;

at, *it*, *ot*, pour les participes passifs correspondants. Exemples : *amata* (qu'on aime) ; *amita* (qu'on a aimé) ; *amota* (qu'on aimera). Ce sont les participes actifs allégés de leur *n* et correspondant, d'ailleurs, aux participes latins et italiens en *atus*, *ato*, *itus* et *ito*.

Ces terminaisons verbales ne changent, ni pour les personnes, ni pour les nombres, dont la différenciation s'établit par les pronoms personnels et les substantifs sujets. Exemples : *mi legas* (je lis); *la infano legas* (l'enfant lit); *ni legas* (nous lisons); *la infanoj legas* (les enfants lisent) [1].

La voix passive n'est, comme en français, que la combinaison du verbe *esti* (être) et du participe correspondant du verbe. Exemples :

Mi estas nomata, je suis nommé (*je suis*, *étant nommé*);

Mi estas nomita, j'ai été nommé (*je suis*, *ayant été nommé*) ;

Mi estos nomata, je serai nommé (*je serai*, *étant nommé*) ;

Mi estos nomita, j'aurai été nommé (*je serai*, *ayant été nommé*).

L'Esperanto n'emploie, comme auxiliaire, que le seul verbe être, aussi bien pour tous les temps composés de la voix active, pronominale ou impersonnelle que pour la voix passive. Exemples : *Mi estis aminta* (j'avais aimé) ; *li estos veninta* (il sera venu).

Il résulte de là que le verbe *esti*, *être* se conjugue avec lui-même, comme en italien et en allemand, sans rien emprunter au verbe *avoir* pour ses temps composés. Exemples : *Mi estis estinta* (j'avais été); *mi estos estinta* (j'aurai été), etc. [2].

Outre les difficultés de terminaison, presque toutes les langues présentent des complications ou anomalies dans l'emploi même des modes des verbes. Bien qu'il soit entendu, par exemple, que le mode indicatif est le mode de l'affirmation, spécialement destiné aux faits certains ou présentés comme tels, que le futur est réservé aux événements qui ne surviendront que dans l'avenir et que le conditionnel et le subjonctif sont réservés aux cas éventuels où le doute, la condition, etc., entrent en jeu, la plupart des langues, et, en particulier, le français, ne se gênent nullement pour brouiller les

[1] Rien qu'en français, il offre 56 formes provenant de 34 terminaisons diverses adjointes à 22 radicaux différents.

[2] Toutes les langues présentent de telles divergences en ce qui concerne la conjugaison, que, dans l'impossibilité de rien trouver de simple ou de rationnel chez elles, on a dû se décider, pour compléter les terminaisons verbales, à adjoindre tout simplement à l's final les voyelles *a*, *i*, *o*, *u* prises dans l'ordre où les présente l'alphabet. L'*e* a été écarté comme donnant, par son union avec l's, un son désagréable et sec.

[1] Nous disons, en français : *j'aime*, *tu aimes*, *il aime*, *ils aiment*. Les quatre terminaisons sont, ou identiques, ou phonétiquement équivalentes. De même dans : *je finis*, *tu finis*, *il finit*, etc. C'est donc bien le pronom personnel, et non la terminaison, qui joue le principal rôle pour différencier les personnes et les nombres. C'est ce qui justifie le choix de la terminaison invariable en Esperanto.

[2] Voir, pour tous les autres détails relatifs au verbe, le *Commentaire sur la Grammaire Esperanto*, par M. de Beaufront. Librairie Hachette.

rôles de ces modes et employer les uns là où les règles énoncées exigeraient logiquement les autres. Par exemple, dans la phrase : *Je crois qu'il pleut*, l'expression *qu'il pleut* est employée au mode indicatif. Mais si nous voulons exprimer l'idée négative correspondante, il faudra dire, pour être correct, non pas : *Je ne crois pas qu'il pleut*, mais bien : *Je ne crois pas qu'il pleuve*. Le subjonctif viendra remplacer l'indicatif. De même, dans la première partie de cette phrase : *Bien que je sois à la campagne*, *je me promène peu*, nous trouvons le subjonctif, quoique le fait qui s'y trouve énoncé soit aussi positif et aussi certain que celui qui est affirmé dans la seconde partie.

L'Esperanto, invoquant constamment la logique, emploie toujours les modes *en ne se basant que sur l'idée à rendre*. Et cette règle ne s'y trouve pas, à chaque instant, entravée par des questions d'usage ou des considérations secondaires.

Nous venons de nous occuper des terminaisons qui caractérisent, en Esperanto, le substantif, l'adjectif, le verbe. Grâce à une nouvelle voyelle terminale *e*, qu'on rencontre avec cet emploi, en latin, en italien, en espagnol, nous tirons, de chaque racine, une forme adverbiale d'un emploi aussi fréquent que commode. Exemples : *Forte* (fortement) ; *alie* (autrement) ; *afable* (aimablement) ; *flanke* (à côté) ; *dekstre* (à droite) ; *legante* (en lisant).

En dehors de ces formes adverbiales, il existe, en Esperanto, une classe de mots simples qu'on rencontre dans toutes les langues, et qui sont, par nature, soit adverbes, soit prépositions, soit conjonctions, sans qu'il soit nécessaire de leur rien ajouter pour leur faire jouer ce rôle. Exemples : *Ankaŭ* (aussi) ; *nun* (maintenant) ; *tiam* (alors) ; *post* (après) ; *sen* (sans) ; *nek* (ni) ; *sed* (mais) ; *tamen* (cependant), etc.

II. — Vocabulaire.

D'après la définition donnée par M. de Beaufront, *la langue nationale doit être l'idiome* neutre facilement *accessible à tout civilisé d'instruction moyenne pour ses relations internationales*.

Il est donc indispensable de trouver, dans le système de ses mots et racines, c'est-à-dire dans son vocabulaire, la neutralité et la facilité dont il est question dans la définition.

Ainsi que nous l'avons déjà expliqué plus haut, ce serait faire fausse route que de vouloir atteindre le maximum de facilité par le maximum de simplicité théorique. D'autre part, ce maximum de simplicité théorique ne pourrait être atteint qu'au prix d'un arbitraire regrettable et dangereux. Il vaut évidemment mieux faciliter à chacun l'acquisition du vocabulaire international, en lui permettant d'utiliser pour cela les éléments qui peuvent lui être fournis par sa langue nationale.

C'est précisément cette idée qui, comme nous l'avons dit, a été le point de départ des travaux du Dr Zamenhof. Admettant *a priori* que rien ne vaudra jamais mieux, pour une langue internationale, que des éléments internationaux, il a fait porter ses efforts sur les grandes langues du monde civilisé et il a cherché à en extraire les éléments communs qu'elles renferment pour constituer le système des racines et des mots de la langue internationale.

Il existe un nombre beaucoup plus considérable qu'on ne le croit généralement de racines absolument internationales et communes à toutes les langues. Cela a lieu, en particulier, pour presque tous les mots techniques ou scientifiques. Quoi de plus naturel que de les adopter telles quelles et de leur donner immédiatement place dans le dictionnaire international, avec la forme orthographique et les terminaisons appropriées ?

Par le fait même que des mots tels que : *astronomio*, *botaniko*, *kristalo*, *diamanto*, *diametro*, *épidemio*, *formulo*, *geografio*, *hipotezo*, *ideo*, *kilogramo*, *literaturo*, *minuto*, *nekrologio*, *olivo*, *platino*, *regimento*, *sekretario*, *telegrafo*, *utopio*, *violono*, *zenito*, etc., sont absolument internationaux par leurs racines, ils ont perdu toute nationalité et satisfont à la condition de neutralité imposée. Leur adoption générale ne peut entraîner aucune difficulté et [délivre, au même degré, plus d'un demi-milliard d'hommes de la charge que leur imposerait l'étude des vocables correspondants, si l'on n'avait pas adopté, pour les créer, une méthode ayant l'internationalité comme base.

Sans être absolument communes à toutes les grandes langues, beaucoup de racines le sont, le plus souvent, à un certain nombre d'entre elles. En vertu du même principe, elles ont donc été adoptées aussi pour le vocabulaire international, puisque celui-ci a pour but d'atteindre le plus de gens possible par un procédé rationnel.

Quant aux éléments tels que *sed*, *tamen*, *dekstra*, *cetera*, qui ne dérivent d'aucun élément commun dans les diverses grandes langues, on leur a donné la neutralité, en même temps que la plus grande internationalité dont on pouvait disposer pour eux, en les empruntant aux langues latines ou néo-latines.

Pour augmenter encore les chances d'atteindre le but qu'il poursuivait, le Dr Zamenhof a su, d'ailleurs, combiner ingénieusement le graphisme et le phonétisme dans le vocabulaire esperanto. Pour bien faire comprendre par quels moyens, citons textuellement M. de Beaufront et suivons les explications qu'il nous donne sur la série des raisonne-

ments qui ont déterminé le choix de la racine du mot *jardin* par exemple :

« Si, pour *jardin*, je prends la racine anglaise *garden*, j'atteins 125.000.000 d'hommes. Mais, entre *garden* anglais et *garten* allemand, la nuance graphique et phonétique est si faible que vraiment, sans exagération, je puis bien prétendre atteindre aussi les hommes employant l'allemand. Par le fait même de cette addition, j'obtiens 215.000.000 d'individus, résultat déjà satisfaisant. Mais je me demande si *garden* (*o*), qui atteint par l'œil au moins 215.000.000 d'hommes, ne pourrait pas en atteindre encore plus par un rapprochement phonétique. Avec le Dr Zamenhof, je remplace *g* par *ĝ* [1], ce qui me donne *ĝarden* (*o*), rappelant *garden* et *garten* tout aussi bien que *garden* (*o*). Mais, grâce à ce léger changement, les Français n'auront aucune peine à retenir ce mot, car, phonétiquement, entre *ĝarden* (*o*) et *jardin* la ressemblance est grande. J'obtiens ainsi 55 autres millions d'hommes, atteints par le phonétisme. En tout 270.000.000 pour lesquels ce mot *ĝarden* (*o*) n'offrira aucune difficulté d'acquisition, puisqu'il est pour eux, par un côté ou par l'autre, presque identique à celui de leur langue. Mais ce n'est pas encore tout. Les Italiens écrivent bien *giardino*, mais ils prononcent *ĝardino*, de sorte que le mot esperanto *ĝardeno* ressemble beaucoup au leur. Voici donc encore 35.000.000 d'hommes employant l'italien, atteints par le phonétisme. En fin de compte, nous avons 305.000.000 hommes pour lesquels le mot esperanto n'offrira aucune difficulté d'étude ».

Comme on le voit, le grand souci de l'auteur de la langue a été de donner satisfaction à tous, dans des limites aussi étendues que possible, tout en restant parfaitement neutre. En appliquant rigoureusement, par cette sorte de statistique, le principe de la « représentation proportionnelle », il a su éviter complètement le reproche d'arbitraire, le choix de telle ou telle racine ne dépendant pas du caprice ou des préférences personnelles de l'auteur, mais bien du degré d'internationalité qu'elle possède [2].

Mais ce n'est pas tout. Grâce à la généralité de la méthode employée pour la formation et la multiplication des mots à partir de ces racines, le vocabulaire esperanto peut présenter une richesse que l'on ne trouve dans aucune autre langue, tout en étant, pour la mémoire, d'une remarquable légèreté. Comme c'est là un des points les plus originaux de l'œuvre du docteur Zamenhof, nous allons maintenant l'examiner avec quelque détail.

III. — Formation et multiplication des mots.

L'Esperanto emploie trois procédés pour former et multiplier les mots à partir des racines.

1. *Les caractéristiques.* — Nous avons vu, à propos de la grammaire, que l'emploi des quatre voyelles terminales *o*, *a*, *i*, *e*, annexées à la racine, permet d'en dériver, d'une façon régulière et tout à fait générale, les formes substantive, adjective, verbale, adverbiale, chaque fois que l'une de ces formes a une raison d'être. C'est ainsi que de la racine *lum* on tirera les quatre mots : *lumo*, lumière; *luma*, lumineux; *lumi*, luire; *lume*, lumineusement. De même, avec la racine *parol*, on formera *parolo*, parole; *parola*, oral; *paroli*, parler, *parole*, verbalement.

2. *La réunion des éléments.* — La juxtaposition de deux mots permet de former, en Esperanto comme dans les autres langues, des mots composés. Par exemple, avec la racine *poŝ* [1] (poche) et *horloĝo* (horloge) on formera : *poŝhorloĝo* (montre). De même *okul* (o) (œil) et *vitroj* (verres) donneront par juxtaposition : *okulvitroj* (lunettes).

Ce même principe de juxtaposition des éléments permet de former, à l'aide d'une même racine, tous les mots exprimant les diverses nuances d'une seule idée fondamentale, alors que, dans nos langues, ces mots sont souvent dérivés de radicaux différents et doivent être étudiés séparément. Par exemple les mots français : *entrer*, *sortir*, *aborder*, *partir*, *s'en aller de*, *traverser*, *franchir*, etc. contiennent tous l'idée « *d'aller* » adjointe à une idée complémentaire de direction, et cependant aucun d'eux ne pourrait être d'aucune aide, pour retenir les autres, à un étranger apprenant le français. Pour obtenir les mots esperanto correspondants, il suffira de souder au mot *iri* (aller), qui exprime l'idée générale, les prépositions destinées à compléter cette idée : les sept mots français cités plus haut se rendront alors respectivement par : *eniri*, *eliri*, *aliri*, *foriri*, *deiri*, *trairi*, *transiri*.

Par esprit de généralisation, on pourra souder les mêmes prépositions complémentaires à d'autres verbes que *iri* : par exemple aux verbes *flugi* (voler) ou *kuri* (courir) et obtenir autant de collections de mots nouveaux qui permettront d'exprimer immédiatement des nuances qu'on ne pourrait ordinairement rendre en français qu'à l'aide d'une périphrase. C'est ainsi que, s'il s'agit d'exprimer qu'un

[1] En Esperanto, la lettre *g* se prononce comme la lettre française correspondante dans *garçon*, tandis que la lettre accentuée *ĝ* se prononce *dj* comme dans le mot *adjoindre*.

[2] Le point faible du *Volapük* tenait précisément à ce que cette question de l'internationalité des racines n'avait pas été prise en considération par son auteur.

[1] *ŝ* équivaut à notre *ch* français dans *poche*.

oiseau *franchit en volant* une rivière, on dira que cet oiseau *transflugas*, et non simplement *flugas*, qui exprimerait seulement l'idée générale de vol. De même, le seul mot *forkuras*, appliqué à un lièvre que l'on vient de déranger dans son gîte, signifiera que ce lièvre *s'enfuit en courant*.

3. *Les affixes.* — Mais c'est surtout par l'emploi d'affixes que l'Esperanto fournit une multitude de mots dérivés d'une racine fondamentale. Chacun de ces affixes n'a aucun sens par lui-même et ne peut être employé isolément; mais, soudé à une racine, il en modifie la signification dans un sens déterminé, toujours le même et parfaitement précis.

Ainsi l'affixe *mal*, employé comme préfixe et placé avant la racine, indiquera les contraires, comme il le fait en français dans les mots : *malheureux*, *malhonnête*, *maladroit*, *malsain*, *malpropre*. Mais, tandis qu'en français ce préfixe est d'un emploi restreint et ne permet de former qu'un très petit nombre de contraires, il est d'un usage absolument général en Esperanto. Si l'on veut bien se donner la peine de faire la statistique des mots français tels que : *lumière, richesse*, *bon*, *utile, innocent*, *ouvrir*, *en haut*, *à droite*, etc., que rien ne rappelle dans la structure de leurs contraires : *obscurité, pauvreté*, *mauvais*, *nuisible, coupable, fermer*, *en bas*, *à gauche*, etc., on se rendra compte de la proportion dans laquelle l'emploi de ce préfixe enrichit le dictionnaire sans aucune surcharge pour la mémoire.

On peut en dire autant du suffixe *in* qui, intercalé entre la racine et la voyelle terminale *o* caractéristique du substantif, permet de tirer de chaque nom masculin le nom féminin correspondant, par un mécanisme d'un emploi courant en allemand et qui rappelle un peu celui qui nous permet, en français, de tirer des prénoms masculins *Ernest*, *César*, etc., les prénoms féminins *Ernestine*, *Césarine*, etc. L'immense majorité des féminins dans beaucoup de langues, et, en particulier, en français, présentent une texture qui ne rappelle en rien celle des noms masculins correspondants, comme on peut s'en assurer dans les exemples suivants : *homme*, *femme*; *frère*, *sœur*; *oncle*, *tante*; *coq*, *poule*; *cerf*, *biche*; *cheval, jument*, etc. D'après l'emploi indiqué pour le suffixe *in*, ces mots se traduisent respectivement en Esperanto, par : *viro*, *virino*; *frato*, *fratino*; *onklo*, *onklino*; *koko*, *kokino*; *cervo*, *cervino*; *ĉevalo*, *ĉevalino*[1], etc.

L'immense variété de formes de noms féminins en français n'empêche pas, d'ailleurs, qu'il nous en manque souvent. Ainsi : *l'éléphant*, *l'aigle*, *le brochet*, etc., seraient en droit de réclamer, en présence de ce fait qu'il nous faut employer, en français, une périphrase pour faire savoir si nous parlons du mâle ou de la femelle de ces animaux. Rien de pareil, en Esperanto, où, aux mots masculins : *elefanto*, *aglo*, *ezoko*, correspondront tout naturellement les féminins : *elefantino*, *aglino*, *ezokino*.

Très intéressant et très important aussi est le suffixe *ar*, réservé aux collectivités. Il arrive constamment que la réunion d'un certain nombre d'éléments de même nature constitue un tout, ayant, pour ainsi dire, une individualité spéciale, et méritant, par ce fait même, d'être exprimé par un vocable à part. C'est pourquoi un grand nombre de langues, en particulier le latin, l'italien, l'espagnol, le français, ont certains suffixes spéciaux pour former ce vocable. Tel est, par exemple, en français, le suffixe *air* dans des mots tels que *dictionnaire*, *formulaire*, etc. Mais, ici encore, l'emploi de ce suffixe manque de généralité et ne s'applique que dans un nombre de cas restreint : la plupart du temps, les noms de collectivités sont complètement indépendants des noms de leurs éléments constituants. Exemples : *flotte*, *appartement*, *escalier*, *train* (de chemin de fer), ne rappellent en rien leurs éléments : *bateau*, *chambre*, *marche*, *wagon*. Dans d'autres mots, on retrouve bien la terminaison *aire*, mais alors elle ne correspond à aucune idée de collectivité. Exemples : *calvaire*, *libraire*, *débonnaire*, *distraire*. En Esperanto, le suffixe *ar* intercalé entre la racine et la terminaison est toujours employé pour rendre l'idée de collectivité, et, de même que *vortaro*, *formularo*, correspondant aux éléments *vorto*(*mot*), *formulo*(*formule*), signifieront *dictionnaire*, *formulaire*, de même *ŝiparo*, *ĉambraro*, *ŝtuparo*, *vagonaro*, correspondant aux éléments : *ŝipo* (bateau), *ĉambro* (chambre), *ŝtupo* (marche); *vagono* (wagon), signifieront : *flotte*, *appartement*, *escalier*, *train*, etc.

Nous trouvons aussi, en Esperanto, le suffixe *et* qui joue le rôle de diminutif, comme en français dans : *jardin*, *jardinet*; *maison*, *maisonnette*. Mais il est d'un usage absolument général en Esperanto et fournit un diminutif à chaque mot qui, logiquement, est susceptible d'en recevoir un. Exemples : *ĝardeno*, *ĝardeneto* (jardin, jardinet); *domo*, *dometo* (maison, maisonnette); *arbo*, *arbeto* (arbre, arbrisseau); *ridi*, *rideti* (rire, sourire); *kanti*, *kanteti* (chanter, fredonner). Ces trois derniers exemples montrent qu'en français la règle de formation du diminutif est loin d'être générale et uniforme. Inversement, nous trouvons, en français, bon nombre de mots qu'un étranger apprenant notre langue pourrait prendre pour des diminutifs d'autres mots alors qu'en réalité les uns et les autres sont sans rapports, ou ont perdu, en prenant des significa-

[1] *ĉ* se prononce *tch*, comme dans *tchèque*.

tions spéciales, les rapports qu'ils avaient primitivement. Ainsi les mots : *chevalet*, *bolet*, *banquette*, *galette*, *musette*, etc., présentent avec : *cheval*, *bol*, *banque*, *gale*, *muse*, etc., les mêmes rapports de texture que *jardinet* avec *jardin*, ou *poulette* avec *poule*, sans présenter les mêmes rapports de sens.

Ajoutons à cela que l'on ne trouve pas toujours, en français, de diminutifs pour des mots qui, logiquement, devraient en admettre un. Ainsi, on chercherait vainement ces diminutifs pour les mots *ami* et *neveu* alors qu'on en trouve un (garçonnet) pour *garçon*. L'Esperanto nous les fournira immédiatement tous les trois, au même titre, par *amiketo*, *neveto*, *knabeto*.

Au suffixe diminutif devrait correspondre, logiquement, dans chaque langue, un augmentatif destiné à rendre la nuance inverse. Ce suffixe n'existe pas en français, mais l'Esperanto n'a eu garde de l'omettre. Ce suffixe (*eg*) se place, comme le diminutif (*et*), entre la racine et la terminaison, et il sert à indiquer « le plus haut degré ». Exemple : *bruo* (bruit); *bruego* (vacarme); *granda* (grand'); *grandega* (immense); *ridi* (rire); *ridegi* (rire aux éclats); *kanti* (chanter); *kantegi* (hurler en chantant).

Ce suffixe *eg* n'est pas synonyme de *très* ou *grand*, pas plus que le diminutif *et* n'est synonyme de *petit* ou *peu* : *eg* représente un degré de grandeur au-dessus de *très* ou *grand*, comme *et* représente un degré de petitesse au-dessous de *petit* ou *peu*. De même que le mot *rivereto* (ruisseau) établit une nuance distinctive par rapport à *rivero* (rivière) et *malgranda rivero* (petite rivière), de même le mot *lumega* (éblouissant) établira une nuance distinctive par rapport à *luma* (lumineux) et *tre luma* (très lumineux).

Il suffit de lire une page quelconque d'Esperanto pour se rendre compte combien le suffixe augmentatif est commode et d'un emploi fréquent.

Le but de cet article étant de donner simplement une idée générale de la langue Esperanto, nous ne pouvons nous arrêter en détail à chacun des affixes employés pour la multiplication des mots, et à propos desquels nous pourrions donner une série d'exemples analogues aux précédents. Contentons-nous de citer encore les suffixes suivants :

il, qui marque l'instrument (du vieil allemand et du russe) : *tranĉi* (trancher); *tranĉilo* (couteau); *blovi* (souffler) : *blovilo* (soufflet);

ist, qui, comme dans beaucoup de langues, indique un spécial*iste* et marque la profession : *gravuro* (gravure); *gravuristo* (graveur); *kuraci* (traiter les maladies); *kuracisto* (médecin);

ej, qui indique le lieu spécialement affecté à quelque chose : *kuiri* (cuire); *kuirejo* (cuisine); *lavi* (laver); *lavejo* (lavoir);

ec (prononcez *ets*), qui marque la qualité abstraite (inspiré du français et de l'italien) : *juna* (jeune); *juneco* (jeunesse); *riĉa* (riche); *riĉeco* (richesse). Remarquons encore, en passant, l'anomalie du français qui, de *riche*, tire *richesse* par un suffixe analogue à celui de l'Esperanto, mais qui, à *pauvre*, ferait correspondre, avec le même suffixe, *pauvresse*, qui a un sens tout différent. A *riĉeco* (richesse) correspond en Esperanto *malriĉeco* (pauvreté). Le mot correspondant à *pauvresse* se formerait à l'aide du suffixe *in* déjà vu pour les féminins et d'un autre *ul* qui signifie : *caractérisé par*. Ce mot serait : *malriĉulino*;

aĵ[1] qui marque, au contraire, la qualité concrète, comme en français dans *plumage*, *carrelage*, *herbage* (chose faite de...). Exemple : *nutri* (nourrir); *nutraĵo* (nourriture), dans le sens d'*aliments*. L'exemple suivant fera bien comprendre la différence entre les préfixes *ec* et *aĵ*. Un objet nouveau présente de la *noveco* (nouveauté) et il constitue lui-même une *novaĵo* (nouveauté). De même, un musée d'antiquités renferme des *malnovaĵoj* (antiquités, vieilleries) intéressantes à cause de leur *malnoveco* (caractère d'ancienneté);

ig, qui traduit notre verbe faire (ou rendre) suivi d'un infinitif, ou les expressions équivalentes : *kredi* (croire); *kredigi* (faire croire); *mallumo* (obscurité); *mallumigi* (rendre ténébreux, obscurcir); *seka* (sec); *sekigi* (dessécher);

iĝ (se faire, devenir), qui sert fréquemment à traduire notre verbe pronominal : *sekiĝi* (se dessécher); *boniĝi* (devenir bon, se bonifier); *mallumiĝo* (obscurcissement, éclipse d'un astre).

Et ainsi de suite pour une quinzaine d'autres affixes qu'emploie encore l'Esperanto.

Ces affixes permettant de faire correspondre logiquement à une foule de racines divers mots substantifs, adjectifs, verbes, adverbes, l'emploi de ces mots sera toujours de règle en Esperanto et ne rencontrera pas d'entraves conventionnelles et factices telles que celles qui proviennent de ce qu'on appelle l' « usage » dans nos langues.

Ainsi la phrase française : *L'amabilité de cet enfant est aussi grande que son agilité* est admise comme parfaitement correcte. Mais supposons qu'en voulant parler de l'Esperanto on dise, par une phrase analogue : *La parlabilité de cette langue est aussi grande que son écrivabilité*, cette phrase ne sera admise nulle part, bien que toute personne sachant le français comprenne le sens que l'auteur veut lui attribuer. C'est que les mots : *parlabilité* et *écrivabilité* ne sont pas admis par l'usage, en français. L'Esperanto, moins tyrannique et ne refusant jamais ses droits à la logique, ne se montrera

[1] *ĵ* équivaut à notre *j* français dans *jour*.

pas aussi sévère et permettra de dire : *La parolebleco de tiu lingvo estas tiel granda kiel ĝia skribebleco*[1], tout aussi bien qu'il aurait permis de dire, pour traduire la première phrase : *La atableco de tiu infano estas tiel granda kiel ĝia facilmoveco.*

Il est presque superflu d'ajouter que, s'il y a lieu, plusieurs de ces affixes pourront se souder simultanément à une même racine, chacun lui apportant sa modification propre. Ainsi nous avons déjà employé plus haut les trois affixes *mal*, *ul*, *in*, soudés à la racine *riĉ* pour former le mot : *malriĉulino* (pauvresse). De même avec la racine *liber*, du mot *liberté*, et les affixes *mal* et *ej*, on formera immédiatement le mot : *malliberejo* (prison). De même encore, avec la racine *halt*, du mot *arrêt* (d'un objet en mouvement), et les suffixes *ig* et *il* dont nous avons indiqué le sens, nous formerons le mot *haltigilo* (*halt'ig'il'o*), qui est l'équivalent de notre mot français *frein* employé dans le sens mécanique (littéralement, instrument à faire arrêter). L'intercalation du suffixe *ist* des professions et spécialités, nous donnerait *haltigilisto* (*halt'ig'il'ist'o*), traduisant notre mot français : *garde-frein* (de chemin de fer).

On a déjà reproché à l'Esperanto d'obliger ses adeptes à former eux-mêmes, de toutes pièces, à partir de leurs racines, des mots correspondant à une idée assez complexe, tels que les précédents : *mal'liber'ej'o*, *halt'ig' il'o*, réalisés par la soudure de quatre éléments distincts. Ce reproche n'est pas fondé, et il ne faudrait pas croire que, malgré cette facilité, le dictionnaire omette les mots *prison* et *frein* avec leurs traductions *malliberejo* et *haltigilo*, sous prétexte que ces mots ne renferment en eux-mêmes aucune idée nouvelle, en dehors de celles contenues dans leurs quatre éléments constituants, qu'il suffit, en principe, de connaître, pour les former. Mais il n'en reste pas moins vrai que la façon logique dont ces mots sont formés apporte, à la mémoire, une aide qu'on ne saurait trop apprécier, et qu'à moins d'y mettre une mauvaise volonté manifeste, il est impossible de ne pas retenir ces mots dès qu'on les a vus une seule fois avec leur traduction dans la langue qu'on a l'habitude de parler.

La constitution de ces mots, à l'aide de plusieurs éléments invariables juxtaposés, nous amène maintenant à insister sur une particularité des plus importantes, que, parmi toutes les langues existantes, *l'Esperanto est seul à présenter*. C'est la possibilité d'être immédiatement compréhensible à tous, à l'aide du seul dictionnaire, même à ceux qui l'ignorent complètement et qui n'ont jamais lu une seule ligne de sa grammaire. Ce résultat est obtenu[1] « par une complète désarticulation des idées en mots indépendants. De la sorte, au lieu de vocables soumis à diverses formes grammaticales, la langue ne renferme plus, en réalité, que des *mots* invariables. Les éléments qui jouent le rôle de flexions, de terminaisons grammaticales, de préfixes, de suffixes, étant de *véritables mots* indépendants et *invariables* comme tous les autres, figurent au même titre qu'eux dans le dictionnaire de la langue, à l'ordre alphabétique voulu ». De sorte que, si l'on a soin de séparer par des signes conventionnels (petits traits ou apostrophes, par exemple) les éléments constitutifs de chaque mot sur le texte esperanto, comme nous l'avons fait plus haut pour *mal'liber'ej'o* et *halt'ig'il'o*, il suffira que la personne qui veut traduire ce texte cherche un à un les éléments formateurs dans le dictionnaire, pour avoir le véritable sens de chaque mot.

IV. — Qualité de l'Esperanto.

Tout ce que nous venons de dire suffit, nous l'espérons, pour faire comprendre qu'une méthode vraiment rationnelle a présidé à la confection de l'Esperanto, et que, toute question d'avantages pratiques mise à part, ce seul titre mériterait déjà à cette langue l'intérêt et l'attention des gens de science. On ne saurait trop insister, pensons-nous, sur les avantages immenses que lui confère, au point de vue de la *stabilité*, aussi bien que de la facilité, la *complète généralité* admise chez elle pour l'application des règles de grammaire et des procédés de formation et de multiplication des mots. Les langues, dit-on souvent, se font et se défont toutes seules, et l'intervention volontaire des peuples serait impuissante à modifier ces transformations. Ce soi-disant axiome aurait peut-être besoin d'être contrôlé plus à fond pour être classé comme article de foi. Les langues courantes sont d'abord *parlées*, et parlées par le *peuple* : elles sont soumises à une logique *instinctive* et aussi à la *fantaisie* : les grammaires, ne venant qu'après coup, ne peuvent qu'enregistrer des usages à mesure qu'ils s'établissent. Ici c'est la grammaire qui commence, et *une grammaire faite rationnellement* : elle énonce des règles fixes, au lieu d'enregistrer des usages variables; la part de l'instinct et de la fantaisie a donc beaucoup de chances d'être très réduite.

S'il est admis en principe que l'application de chaque règle énoncée se fera toujours sans que la

[1] Nous rencontrons, dans ces divers substantifs en *ebleco*, un nouveau suffixe *ebl*, dérivé du latin, du français, de l'anglais par *ibilis*, *abilis*, *ible*, *able* (*amabilis*, *aimable*, *flexible*, etc.) et qui indique la *possibilité*.

[1] Voir, dans le journal *l'Espérantiste*, l'article de M. de Beaufront : *La langue internationale doit-elle être faite pour les érudits ?*

moindre exception soit tolérée, on ne voit pas pourquoi le système de la langue, une fois établi, ne présenterait pas le même caractère de stabilité que nos systèmes actuels d'unités et de mesures, par exemple. Tant qu'une méthode logique et rationnelle de liaison réciproque des grandeurs de diverses natures n'a pas été adoptée, on a vu, dans les systèmes d'unités, les mêmes confusions, le même manque d'homogénéité. Tant que les unités de longueur, de surface, de poids, etc., ont été arbitraires, c'est par douzaines que l'on comptait, pour chacune de ces grandeurs, les unités servant à les mesurer. Cet état de choses a disparu, pour faire place à la stabilité, dès qu'ont été créées les méthodes de liaison et de dérivation des unités qui constituent notre système métrique et le système C. G. S. qui a déjà rendu tant de services à la science. Le premier de ces systèmes compte actuellement un certain nombre d'années d'existence : n'est-il pas cependant aujourd'hui tel qu'il était au premier jour ? Et, du moment où l'on admet en principe les conventions et les règles qui lui servent de base, on ne voit pas pourquoi il ne conserverait pas indéfiniment cette identité. Pourquoi n'en serait-il pas de même d'une langue bien établie d'après des règles et des conventions précises et peu nombreuses ?

Nous n'avons pas encore parlé de l'orthographe. Sous ce rapport, l'Esperanto présente aussi beaucoup de simplicité et de garanties de stabilité.

Le principe général dont il part est celui-ci : chaque lettre de l'alphabet correspond à un son déterminé et unique, existant d'ailleurs dans toutes les grandes langues actuelles.

L'alphabet Esperanto comprend 28 lettres, dont 18 (a, b, d, e, f, g, i, k, l, m, n, o, p, r, s, t, v, z) s'écrivent et se prononcent comme en français, avec cette restriction que *t* sonne toujours comme dans *thé*; *s* est toujours sifflant comme dans *soir*; *a* et *o* toujours longs comme dans *pâte*, *hôte*, *e* toujours fermé comme dans *été*; *g* toujours dur comme dans *gant*.

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler, au cours de cet article, la prononciation de *c*, *ĉ*, *ĝ*, *j*, *ĵ*.

ŝ équivaut à notre *ch* français dans *chat*.

h répond à l'*h* aspiré anglais ou allemand.

ĥ (lettre très rare) est rendue par un son guttural comme le *ch* allemand ou le *j* espagnol.

Enfin *u* correspond à *ou* long comme dans *boule*, tandis que *ŭ* donne *ou* bref comme dans *Raoul*, de manière à former une seule syllabe avec la lettre qui précède.

Quelles que soient les circonstances dans lesquelles une lettre est employée, quelle que soit la place qu'elle occupe dans le mot, elle se prononce toujours avec le son caractéristique que lui assigne l'alphabet. Aucune lettre n'est donc inutile; toutes, voyelles et consonnes, se prononcent. En un mot, l'orthographe est rigoureusement phonétique. Grâce à cette simplicité et à cette généralité de conventions, les fautes d'orthographe deviennent à peu près impossibles, quand on traduit par écrit une phrase parlée en Esperanto.

La réciproque est-elle vraie? Une faute de prononciation serait-elle également impossible dans la traduction orale d'une phrase écrite en Esperanto? Beaucoup en douteront certainement, car c'est précisément ce défaut de prononciation qui constitue l'un des plus gros griefs invoqués par ceux qui sont, *a priori*, réfractaires à l'idée d'une langue internationale. « Voyez, disent-ils, quelles différences nous trouvons déjà pour la prononciation de notre langue française entre un Provençal, un Gascon, un Auvergnat et un Bourguignon? Qu'en sera-t-il quand, au lieu de mettre en présence des gens de même nationalité, vous allez essayer de faire parler entre eux un Autrichien et un Suédois! »

On pourrait faire remarquer que le choix des sons de l'alphabet esperanto restreint considérablement la possibilité de ce défaut. En prenant soin d'éviter qu'une même voyelle ait, comme notre *e* français, par exemple, plusieurs nuances de prononciation différente, *e*, *é*, *è*, *ê*, en évitant les nasales, telles que *un*, *on*, *an*, *in*, en plaçant régulièrement l'accent tonique sur l'avant-dernière syllabe du mot, on évite, par là même, quelques-uns des principaux écueils relatifs aux différences de prononciation.

Mais, au lieu d'invoquer des raisons de principe, il vaut mieux invoquer des raisons de fait, de nature à convaincre les plus difficiles. Il ne faut pas oublier que l'Esperanto n'est pas seulement une langue en projet, mais une langue qu'un nombre considérable d'adeptes (plus de 50.000) écrivent et parlent depuis plusieurs années. Bien des fois déjà des Espérantistes de nationalités différentes, dont chacun ignorait la langue nationale des autres, se sont trouvés réunis et ont pu converser immédiatement entre eux, sans aucune préparation préalable, en employant exclusivement l'Esperanto. Nombre de fois déjà, des Américains, des Russes, des Suédois, des Allemands, des Tchèques Slaves, des Finlandais, des Français, etc., ont eu l'occasion d'avoir recours à l'Esperanto pour le langage parlé, et tous s'accordent à reconnaître la merveilleuse facilité avec laquelle ils ont pu, dès le premier moment, converser sur les sujets les plus divers : voyages, promenades, monuments, musées, enseignement, politique, etc.[1]. Il n'y a qu'à s'incliner

[1] Voir, à ce sujet, dans le journal *l'Espérantiste* entre autres, la narration, par leurs auteurs mêmes, de ces conversations espérantistes improvisées. Tout récemment, un colonel russe, M. Levitskij, a entrepris un voyage en Europe, spécialement pour se faire une opinion personnelle sur la question. Il vient de publier (en Esperanto naturellement) la narration de son voyage, dont nous traduisons le

devant ces faits, qui valent mieux que toutes les discussions techniques pour répondre à ceux qui conservent des inquiétudes sur la question de la prononciation de la langue internationale.

D'autre part, n'avons-nous pas cité plus haut l'opinion de Max Müller sur la possibilité d'une langue internationale? A l'appréciation citée il ajoute : *Je dois certainement attribuer la première place à l'Esperanto parmi ses concurrents*. S'il avait pensé que cette langue ne pouvait se prêter à l'échange oral des idées, aurait-il formulé sur elle une opinion aussi favorable et aurait-il accepté de faire partie du *Comité d'Honneur* dans la *Société pour la propagation de l'Esperanto* qui se fondait en France au mois de janvier 1898?

Depuis cette époque, le mouvement espérantiste en France et à l'Etranger n'a fait que s'accentuer. De nombreux centres se sont formés pour l'étude et la propagation de la langue. Il en existe de très prospères à Besançon, à Dijon, à Grenoble, au Havre, à Lyon, à Lille, à Montpellier, à Nice, à Reims, à Boulogne-sur-Mer, etc. Si le Groupe de Paris n'est pas venu le premier en date parmi ceux-là, il a, depuis sa fondation, regagné le temps perdu. Grâce au précieux appui moral et financier qu'il a trouvé dès le début, au *Touring Club de France*, qui a mis à sa disposition ses locaux pour y établir son siège social, il a déjà poussé de fortes racines dans notre capitale. Sans compter les savants distingués qui sont à la tête du Groupe parisien (M. C. Bourlet, président; MM. Laisant et Cart, vice-présidents), l'Esperanto a reçu déjà le meilleur accueil dans les sociétés savantes. M. le général Sébert et M. Méray ont fait, en sa faveur, une communication à l'Académie des Sciences[1]. A l'Académie des Sciences morales et politiques, le même Esperanto a été l'objet d'un Rapport des plus favorables de la part de M. Naville, correspondant de l'Institut[2]. Nombreux sont les membres de l'Université et des grands corps savants qui se sont fait inscrire comme adhérents et comme adeptes[3]. L'autorité universitaire lui a donné un précieux témoignage d'intérêt en mettant à sa disposition une des salles de la Sorbonne pour les réunions hebdomadaires du Groupe parisien. Enfin, des cours publics d'Esperanto ont été organisés et ont réuni un nombre considérable d'auditeurs assidus. Quatre de ces cours ont été fondés à Paris l'an dernier, et un nombre beaucoup plus considérable (une quinzaine au moins, dont un à l'École Normale Supérieure) sont en plein fonctionnement cette année[1].

En dehors de nombreux articles publiés en faveur de l'Esperanto par de nombreux journaux quotidiens ou par diverses revues, la nouvelle langue possède, pour la représenter et la soutenir, un certain nombre d'organes spéciaux : l'*Espérantiste*, en France; la *Lingvo Internacia*, en Hongrie; *La Lumo*, au Canada; *Rondiranto*, en Bulgarie; *Esperanto*, en Espagne. Il vient de s'en fonder tout récemment encore, en Autriche, en Hollande et en Belgique, sous les titres : *Revuo Internacia*; *Holanda Pioniro* (Pionnier hollandais); et *La Belga Sonorilo* (la Cloche belge).

Ceux qui ont visité, dans le cours de cette année, l'Exposition cartographique, ethnographique et maritime d'Anvers ont pu remarquer une grande vitrine consacrée à la langue Esperanto et contenant plus de 6.000 lettres et cartes postales écrites dans cette langue et échangées entre Espérantistes de tous pays.

La littérature espérantiste comprend déjà un nombre considérable d'ouvrages (plus de 150) dont les auteurs appartiennent aux nationalités les plus diverses. La maison Hachette vient d'éditer, sous les titres : *Esperantaj Prozaĵoj* et *Diversaĵoj*, deux recueils de morceaux choisis (nouvelles, contes, etc.) originaux ou traduits des meilleurs auteurs français et étrangers. Le Dr Zamenhof lui-même a fait paraître, entre autres, une traduction d'*Hamlet*, que les personnalités compétentes s'accordent à regarder comme un modèle du genre. Citons aussi, comme présentant un intérêt particulier pour les lecteurs de cette Revue, à cause de son caractère scientifique, un fascicule qui vient de paraître et qui contient deux articles extraits de la *Revue Bourguignonne*, l'un intitulé : *La Sunhorloĝo en Dijon* (*le cadran solaire de Dijon*), par M. Gruey, directeur de l'Observatoire de Besançon; l'autre : *Koncerne la 5a Euklidan Postulaton* (dont le titre se comprend de lui-même, même pour ceux qui ne connaissent pas l'Esperanto), par M. l'abbé Dombrowski, secrétaire de l'évêque de Kovno (Russie).

L'apparition d'une langue internationale facile et bien faite ne peut, semble-t-il, être vue que d'un bon œil par l'ensemble des savants. La publication de

passage suivant, donné comme conclusion : « Quelle impression m'ont donnée mon voyage et mes visites dans le monde espérantiste? Telle est évidemment la question qui intéresse par-dessus tout les amis de l'Esperanto. En dehors de ce que j'ai dit déjà au cours de mon récit, je ne crains pas de redire que je me suis convaincu, par ma propre expérience, que la langue internationale auxiliaire Esperanto donne un moyen, véritablement puissant et pratique, d'union entre les hommes. En dépit de légères différences d'accent qu'apportent, dans la prononciation, les habitants des diverses nations, j'ai constaté que l'Esperanto peut être un excellent instrument de transmission de la pensée humaine à travers le monde. »

[1] Académie des Sciences, séance du 9 avril 1901.

[2] Académie des Sciences morales et politiques, séances des 28 janvier et 4 février 1899.

[3] Les présidents des divers groupes de province sont, pour la plupart, des professeurs de Facultés.

[1] Pour tous renseignements sur l'Esperanto, s'adresser à *la Société pour la propagation de l'Esperanto* : siège social à Paris, 10, place de la Bourse, au Touring Club de France.

travaux originaux n'est plus localisée aujourd'hui, comme autrefois, dans les trois ou quatre grandes nations tenant la tête du monde civilisé. Le mouvement d'évolution scientifique s'est étendu partout : dans toutes les langues, sa bibliographie se développe et, rien qu'à cause de la diversité de ces langues, il devient de plus en plus difficile de l'embrasser en entier. Combien, parmi les savants, n'ont pas eu à lutter, au cours d'un travail quelconque, contre les difficultés provenant de ce qu'un renseignement dont ils avaient besoin se trouvait dans une revue ou un ouvrage écrit en langue étrangère! Une publication internationale, en une langue unique, de tous les travaux importants écrits dans toutes les langues, et se rapportant à chacune des branches de la science, ne pourrait donc qu'être bien accueillie par tous les savants.

Mais, pour que la réalisation d'un pareil projet puisse s'accomplir, il faut que chacun y mette un peu du sien et aide au mouvement en avant. Il ne s'agit plus aujourd'hui de *créer* une langue internationale et de savoir si l'on arrivera à lui donner assez de souplesse et de richesse pour qu'elle se prête à traduire n'importe quelle catégorie d'idées, tout en conservant une grande facilité d'acquisition. C'est chose faite, *cette langue existe*, et, depuis plusieurs années, elle a été soumise à des essais suffisants pour qu'il n'y ait pas de doute qu'elle se prête, d'une manière plus que satisfaisante, à l'usage qu'on lui demande.

Il y aurait donc, de la part de ceux qui tireraient le plus d'avantages de cette langue, quelque lâcheté à se renfermer dans ce cercle vicieux et à se dérober derrière ce retranchement élevé par la paresse humaine : « *J'étudierai cette langue quand tout le monde l'écrira ou la parlera. D'ici là, à quoi me servirait-elle?* »

Il faut bien, en effet, « *que quelqu'un commence* », ainsi que l'écrivait ici même, dans une lettre des plus intéressantes adressée au Directeur de la *Revue générale des Sciences*[1], M. Méray, correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Dijon et Président du groupe espérantiste de cette ville. Et M. Méray terminait en disant : « *Je ne crains donc pas de presser les savants, les jeunes en premier lieu, d'imiter mon exemple : je leur promets que, bien loin de retrouver les déboires causés par la faillite du trop fameux Volapük..., ils trouveront, au contraire, à l'Esperanto, une facilité dépassant tout ce que je pourrais leur en dire* ».

C'est aussi au sujet de l'Esperanto que Tolstoï a formulé cette opinion : « *Les sacrifices que fera tout homme de notre monde européen en consacrant quelque temps à l'étude de l'Esperanto sont tellement petits, et les résultats qui peuvent en découler tellement immenses, qu'on ne peut pas se refuser à faire cet essai* ».

Qu'on suive donc le conseil du grand écrivain qui n'a pas dédaigné d'apprendre l'Esperanto *avant que tout le monde le sût*. Qu'on se garde de juger défavorablement cette langue, de la dénigrer systématiquement et de la baptiser du nom de jargon avant même de la connaître. Parmi ceux qui ont pris la peine de l'examiner, on trouve des spécialistes dont l'opinion a bien quelque poids. Michel Bréal a dit, en parlant de l'Esperanto : « *Il ne s'agit pas de déposséder personne, mais d'avoir une langue auxiliaire commune, c'est-à-dire, à côté et en sus du parler indigène et national, un commun truchement, volontairement et unanimement accepté par toutes les nations civilisées du globe... Ce sont les idiomes existants qui, en se mêlant, fournissent l'étoffe de la langue nouvelle. Il ne faut pas faire les dédaigneux : si nos yeux, par un subit accroissement de force, pouvaient, en un instant, voir de quoi est faite la langue de Racine et de Pascal, ils apercevraient un amalgame tout pareil* ».

Qu'on prenne donc la peine de consacrer quelques heures à l'étude de la structure de l'Esperanto et des règles de sa grammaire, et l'on reconnaîtra l'exactitude de la phrase par laquelle les propagateurs de cette langue la présentent au monde civilisé :

« *Simpla, fleksebla, belsona, vere internacia en siaj elementoj, la lingvo Esperanto prezentas al la mondo civilizata la sole veran solvon de lingvo internacia : ĉar, tre facila por homoj nemulte instruitaj, Esperanto estas komprenata sen peno de la personoj bone edukitaj. Mil faktoj atestas la meriton praktikan de la nomita lingvo.* »

E. Colardeau,
Professeur de Physique au Collège Rollin.

[1] *Revue gén. des Sciences*, 15 avril 1900, p. 417.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Geissler (K.), *Docteur en Philosophie.* — **Die Grundsätze und das Wesen des Unendlichen in der Mathematik und Philosophie.** — 1 *vol. gr. in-8° de 417 pages avec figures.* (*Prix : 15 fr.*) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1903.

Mathématiciens et philosophes ne s'ignorent plus, à l'heure présente, autant qu'ils le faisaient généralement il y a une quinzaine d'années. Une séparation presque absolue avait eu lieu à un certain moment, — séparation indispensable, il ne faut pas l'oublier, car il fallait de toute nécessité que les Mathématiques apprissent à marcher seules et à devenir indépendantes de la Métaphysique. Aujourd'hui que l'on est parvenu à asseoir l'Analyse sur des bases solides, un rapprochement semble, au contraire, désirable. Des deux côtés, la tendance à ce rapprochement est certaine, — et des articles comme ceux de M. Poincaré sur les Géométries non euclidiennes, ou de M. Tannery sur la thèse de M. Couturat, ont pu la rendre sensible aux lecteurs de la *Revue*. Les mathématiciens collaborent aux périodiques philosophiques, et un certain nombre de métaphysiciens prennent la peine, assez sérieuse, de s'initier aux récentes théories des géomètres.

En un mot, un effort considérable était nécessaire, de part et d'autre, pour arriver à ce simple résultat : parler la même langue; il serait téméraire d'affirmer que ce résultat est complètement obtenu, mais il est, on peut l'espérer, en bonne voie de réalisation.

Je ne sais si le livre de M. Geissler est un acheminement vers ce but. La conception de l'infini dont il part est, en effet, plus voisine de celle des contemporains de Leibniz que des idées de notre temps. Un dialogue inséré vers la fin du volume est particulièrement instructif à cet égard : les deux interlocuteurs qu'il met aux prises sont de ceux qui paraissent n'avoir « rien appris, ni rien oublié ».

Aujourd'hui, « la notion de l'infini, dont il ne faut pas faire mystère en Mathématiques, se réduit à ceci : après tout nombre entier, il y en a un autre[1] ». Elle n'offre plus d'obscurité particulière, par la raison qu'elle n'a rien de nouveau. Pour prendre un exemple simple, cette proposition : « La tangente AT en un point A d'une courbe est la limite d'une corde infiniment petite AA' issue de A », est une locution abrégée dont le sens, par définition, n'est autre que le suivant : « A tout angle ε on peut faire correspondre une longueur η telle, que l'inégalité

$$\overline{AA'} < \eta$$

entraîne, lorsque le point A' est sur la courbe,

$$\widehat{A'AT} < \varepsilon.$$

« Infini » ou « infiniment petit » veut donc dire, avant tout, « arbitraire, variable ».

Est-ce à dire que les mathématiciens ne parlent plus jamais d'infinis ou d'infiniment petits *fixes*? Il n'en est rien; à la suite des travaux de Cantor, M. Veronèse et M. Hilbert nous ont précisément appris à considérer des infinis et des infiniment petits de cette espèce. Seulement ceux-ci n'ont de commun que le nom avec ceux dont traite le Calcul différentiel et intégral. Ils appartiennent à une Arithmétique nouvelle, dans laquelle les propriétés qui nous sont le plus familières — c'est le cas du principe connu aujourd'hui sous le nom d'axiome d'Archimède — cessent d'avoir lieu. Cette arithmétique idéale a cependant une réalité incontestable; il suffit de se reporter aux Mémoires de M. Hilbert pour lui voir former, d'une façon parfaitement claire, les nombres dont il parle; leurs relations avec les nombres ordinaires sont également définies ; les propriétés de ceux-ci entraînent des conclusions relatives à ceux-là, et inversement. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que les uns sont distincts des autres. Le sens du mot « nombre » n'est pas le même dans l'un et dans l'autre cas. Ni M. Veronèse, ni M. Hilbert n'ont prétendu voir dans les infinis ou les infiniment petits du Calcul infinitésimal ordinaire autre chose que ce qu'on y voit généralement, à savoir que ce que Cantor appelle des infinis « potentiels » ou « impropres ».

Il est assurément permis au philosophe d'aller plus loin et de rechercher, dans un esprit plus large, tout ce qu'il peut y avoir et tout ce que notre esprit peut mettre dans cette idée de l'infini. Toujours équivalente, au fond, à celle des géomètres, celle-ci peut présenter d'autres aspects et introduire d'autres éléments. M. Geissler est bien en droit de se demander, comme il le fait, si, à l'imagination humaine, l'idée qu'une droite est indéfinie ne représente pas autre chose que la possibilité d'y trouver des points aussi éloignés qu'on le veut. Les mathématiciens se sont, en somme, contentés de se placer au point de vue le plus propre à servir de base à des raisonnements rigoureux.

Ce point de vue, M. Geissler le laisse de côté, ou, du moins, il ne s'y place jamais pleinement, — pas même lorsqu'il est conduit fatalement à constater (pages 6-8, par exemple) que l'égalité ou le rapport de deux infinis n'a pas de sens et n'en prend un que lorsqu'on les limite. Il se refuse à croire que « infiniment petit » ou « infiniment grand » veuille dire « arbitrairement petit, arbitrairement grand », alors que ces expressions sont, en somme, synonymes pour le géomètre actuel[1].

Il considérera, dès lors, les grandeurs infiniment grandes et infiniment petites comme étant d'une essence autre que les grandeurs finies et les mesurera avec d'autres échelles. Il n'admettra même plus, dans les figures où entreront des éléments infiniment petits, les théorèmes de la Géométrie ordinaire.

Ceci se comprendrait dans les conceptions, précédemment rappelées, de MM. Veronèse et Hilbert. Les Arithmétiques « non archimédiennes » supposent, en effet, l'existence de différentes *classes* de nombres, dont les uns ne peuvent servir de mesures aux autres, au sens ordinaire du mot.

Il semble bien, cependant, que ce soient les Mathématiques usuelles, la Géométrie ordinaire, la Mécanique ordinaire, que M. Geissler a eues en vue : les très nombreux exemples qui se succèdent dans son livre sont tous empruntés à des théories classiques; à aucun moment il ne nous avertit que nous avons affaire à des pseudo-problèmes, ni ne rappelle que le mot « infini » peut avoir un sens différent de celui dont il part.

Au reste, toute interprétation « non archimédienne »

[1] TANNERY : *Introduction à la théorie des fonctions d'une variable.*

[1] La différence des deux conceptions est évidente dès la première page, où l'auteur, se demandant si une droite possède un point à l'infini, se répond sans hésiter que, du moment qu'une droite a des parties infinies, il est absurde qu'il n'existe pas de points sur ces parties comme sur les autres.

est exclue par ce principe, — non admissible pour les infiniment petits « actuels », — qu'on ne change pas une quantité finie en y ajoutant une quantité infiniment petite. Appliqué à des infiniment petits *fixes*, et à l'Arithmétique ordinaire, un tel principe conduirait inévitablement à une contradiction. Un chapitre semble destiné à la faire disparaître : c'est celui qui est consacré au zéro (p. 63). L'auteur y discute la différence qu'il peut y avoir entre la notion du zéro et celle de la différence $a-a$. Il paraît difficile, malheureusement, de le suivre sur ce terrain. La distinction qu'il établit appartient au domaine de la Logique ou à celui de la Métaphysique, non à celui des Mathématiques.

Le point de vue propre à celles-ci est ainsi méconnu, en général, par M. Geissler. Cette méconnaissance est, en quelque sorte, soulignée par la partie historique de l'ouvrage. Une étude fort intéressante y est faite sur les opinions soit des fondateurs du Calcul infinitésimal, soit des philosophes qui les ont suivis. Mais c'est à peine si un mathématicien moderne est cité. Une exception à peu près unique est faite pour Cantor. Encore la distinction fondamentale établie par cet auteur entre l'infini « propre » et l'infini « impropre » est-elle exposée d'une manière qui est loin d'en faire ressortir l'importance. Et puis, ne vient-elle pas bien tard? C'est le volume entier que nous aurions voulu en voir pénétré. Cantor a précisément insisté sur le danger que présente la confusion contraire : « Cette erreur, a-t-il même ajouté, grâce à la constitution de la méthode dite des limites, à laquelle les mathématiciens français, à la suite du grand Cauchy, ont pris une part si glorieuse, peut bien être considérée comme écartée ». M. Geissler cite cette phrase; il la fait suivre d'un point d'interrogation.

JACQUES HADAMARD,
Professeur adjoint à la Sorbonne,
Professeur suppléant au Collège de France.

2° Sciences physiques

Malvezin (F.). — **Vieillissement des vins et spiritueux. La Pasteuroxyfrigorie.** — 1 *vol. in-4° de 150 pages avec fig. et pl.* (*Prix:* 6 *fr.* 50.) *B. Tignol, éditeur à Paris, et Feret et fils, éditeurs à Bordeaux*, 1903.

M. Malvezin a étudié les diverses causes qui déterminent ou qui favorisent le vieillissement des vins. Il a reconnu que la chaleur, le froid et l'oxygène présentent l'action la plus efficace. Aussi, pour réaliser un mode pratique de vieillissement du vin, a-t-il été conduit à combiner l'action de la chaleur, du froid et de l'air, et il a donné à ce procédé le nom de *pasteuroxyfrigorie*.

Dans le procédé qu'il préconise, le vin est d'abord soumis à l'action de la chaleur, qui détruit les germes de maladies et assure la conservation. On effectue ensuite l'oxydation en faisant agir l'air sur le vin, à chaud et sous pression; cette partie de l'opération a pour but de déterminer le vieillissement proprement dit. Enfin, le vin est soumis à l'action du froid (— 3° à — 4°), qui détermine la précipitation de l'excès de tartre et de diverses substances provenant de l'oxydation du vin.

Si le procédé qu'indique M. Malvezin donne en pratique d'aussi bons résultats que le vieillissement naturel, il y aura un grand avantage économique à l'employer. M. Malvezin a calculé, en effet, qu'un tonneau de vin (9 hectolitres) acheté 600 francs revient, au bout de trois ans (temps nécessaire pour le vieillissement), à 954 francs. Le vieillissement naturel coûte donc 354 francs; le vieillissement artificiel ne coûte que 53 francs.

M. Malvezin applique aussi son procédé au vieillissement des eaux-de-vie; mais, dans ce cas, il ajoute à l'eau-de-vie de l'extrait de chêne; les substances tanniques que les fûts cèdent aux eaux-de-vie qu'on y renferme paraissent, en effet, jouer un rôle très important dans le phénomène du vieillissement.

Le procédé de M. Malvezin paraît être fort rationnel et il sera intéressant de voir quels résultats pratiques il donnera.

X. ROCQUES,
Ex-chimiste principal du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

Prost (Eug.), *Chargé de cours à l'Université de Liège.* — **Manuel d'Analyse chimique appliquée à l'essai des combustibles, minerais et métaux.** — 1 *vol. in-8° de 444 pages.* (*Prix* : 12 *fr.* 50.) *Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1903.

M. Prost a fait un choix parmi les méthodes qui donnent des résultats satisfaisants et il a exposé ces méthodes d'une manière simple et précise. Ce sont là les qualités principales d'un manuel d'analyse, qui doit être un guide pour le praticien. Ce manuel est destiné principalement aux chimistes s'occupant de Métallurgie; on y trouve décrites les méthodes d'analyse des combustibles, des minerais, des métaux et des alliages.

X. ROCQUES,
Ex-chimiste principal du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

3° Sciences naturelles

Bartholomew (J.-G.), *Membre de la Société royale de Géographie.* — **The Survey Atlas of England and Wales** (fasc. 1 et 2). — 1 *vol. gr. in-folio publié en 24 livraisons mensuelles à 2 sh. 6 pence.* (*Prix : 65 fr.*) *The Geographical Institute. Edimbourg*, 1903.

Les grands travaux cartographiques sont depuis longtemps en honneur en Angleterre. En 1763, suivant l'exemple donné par la France, le Gouvernement anglais décidait de faire entreprendre un premier lever général de la Grande-Bretagne. L'exécution en fut confiée au Comité de l'Artillerie, et c'est pour cette raison que les levers topographiques anglais portent le nom de levers de l'artillerie (*Ordnance Survey*).

Le lever régulier de l'Angleterre fut commencé en 1815 à l'échelle de 1/63.360 (un pouce par mille); cette opération a subi bien des vicissitudes, par suite des modifications d'échelle qu'on tenta d'y introduire en cours d'exécution. L'échelle primitive fut, en effet, bientôt reconnue insuffisante pour les districts cultivés, en vue desquels on adopta le 1/10.560, et même le 1/2.500. Cette œuvre colossale vient de s'achever après avoir coûté plus d'une centaine de millions.

L'Atlas dont M. J.-G. Bartholomew publie aujourd'hui les premiers fascicules est basé sur l'*Ordnance Survey*, réduit à l'échelle uniforme de un demi-pouce par mille (1/126.720); il comprend d'abord soixante-sept cartes de détail, dont l'ensemble représente toute la surface de l'Angleterre et du Pays de Galles. Ces cartes donnent les lignes de niveau correspondant à des hauteurs de 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1.000, 1.250, 1.500, 1.750, 2.000, 2.250, 2.500, 2.750, 3.000, 3.250 et 3.500 pieds au-dessus du niveau de la mer; l'espace qui les sépare est teinté de couleurs diverses et fort bien choisies (vert foncé à vert clair pour les plaines, brun clair à brun foncé pour les parties moyennes, gris violacé à violet pour les montagnes), qui permettent de se rendre compte au premier coup d'œil de la topographie du pays.

Ces cartes seront accompagnées des plans des villes les plus importantes, et d'une série de cartes générales se rapportant à la géologie, à l'agriculture, au régime pluvial et thermique, aux chemins de fer, à la densité de la population, aux divisions administratives, au commerce et à l'industrie. Les données en sont empruntées aux résultats du recensement de 1901. Enfin, la partie graphique sera soulignée d'un texte descriptif, dont la rédaction a été confiée à d'éminents spécialistes : Sir A. Geikie, M. A. Buchan, etc., et sur lequel nous reviendrons au fur et à mesure de son apparition.

L'exécution de ce bel Atlas fait grand honneur à l'Institut géographique d'Edimbourg, dont le directeur,

M. Bartholomew, a déjà poussé si loin la réputation comme établissement cartographique.

Le Dantec (F.), *Chargé de Cours à la Sorbonne.* — **L'Unité dans l'être vivant** (Essai d'une biologie chimique). — 1 *vol. in*-8° *de la Bibliothèque de Philosophie contemporaine, de* 412 *pages.* (*Prix* : 7 fr. 50.) *Alcan, éditeur, Paris*, 1902. — **Traité de Biologie.** — 1 *fort vol. grand in*-8° *de* 553 *pages avec* 101 *figures.* (*Prix* : 15 *fr.*) *F. Alcan, éditeur. Paris*, 1903.

Le Traité de Biologie que M. Le Dantec présente au public est la condensation et la mise au point de ses théories, qui se sont peu à peu développées et modifiées depuis 1895; elles portent maintenant sur tous les points de la Biologie, depuis la cellule et la division cellulaire jusqu'aux phénomènes de conscience et de volonté, en passant par l'hérédité, la sexualité, l'ontogénèse, la formation des espèces et des considérations sociologiques. C'est l'effort formidable, peut-être présomptueux, mais à coup sûr intéressant, d'un esprit auquel on ne saurait contester une audacieuse imagination et une rare originalité de langage et de raisonnement.

Voici quelques-unes des hypothèses fondamentales :

1. Un corps vivant ou plastide est formé d'un certain nombre de substances différentes (*substances plastiques*); l'ensemble est capable d'assimilation, ce qui le différencie d'un corps brut; l'assimilation multiplie toutes ces substances en leur conservant leurs proportions primitives (condition numéro 1); la destruction, au contraire, ou du moins certaines destructions (condition numéro 2) agissent *séparément* sur chacune de ces substances et modifient les proportions du mélange et par suite les qualités du plastide (*variation quantitative*).

2. Une espèce est caractérisée par la nature *qualitative* des substances plastiques qui la constituent; un individu de cette espèce est défini par les *coefficients quantitatifs* de ces substances; le *patrimoine héréditaire*, commun à tous les éléments histologiques des êtres pluricellulaires, est précisément la liste de ces coefficients quantitatifs.

3. Ce mélange de substances plastiques qui, par ses coefficients particuliers, donne à l'être son individualité, se trouve avec ses proportions spéciales dans chaque point de la cellule, que ce point fasse partie du cytoplasme, du noyau ou du nucléole; le noyau est un appareil nécessaire à l'entretien des mouvements d'échange, mais il n'est pas nécessaire pour cela de supposer qu'il renferme des substances plastiques spéciales et localisées à son intérieur. On appellera *agrégat* le groupement des substances plastiques qui se trouvent en chaque point de la cellule; le nombre de ces agrégats peut beaucoup varier suivant les cellules.

4. Chaque substance plastique, depuis les Bactéries jusqu'à l'Homme, est formée par la réunion de deux substances de sexe opposé, une demi-molécule *m* (mâle) et une demi-molécule *f* (femelle), agissant synergiquement dans l'acte de l'assimilation, comme les deux pôles d'une pile dans une action chimique; quand les hémimolécules se séparent, l'assimilation devient impossible. C'est le cas qui se présente dans les cellules sexuelles : le spermatozoïde ne comprend que des demi-molécules *m*, l'œuf mûr ne comprend que des demi-molécules *f*; aussi l'assimilation ne peut-elle recommencer que dans l'œuf fécondé, lorsque les demi-molécules *m* ont saturé les demi-molécules *f*.

5. Il y a deux états différents de la matière vivante, l'état à *n* chromosomes et l'état à 2 *n* chromosomes, qui se traduisent à l'état de repos par une morphologie différente (prothalle et Fougère, par exemple), et à l'état de division par une différence dans le nombre des chromosomes. On peut supposer que, dans l'état à 2 *n* chromosomes, les hémimolécules *m* et *f* sont écartées l'une de l'autre, à peu près comme des molécules ionisées (*état dissocié*); tandis que, dans l'état à *n* chromosomes, les hémimolécules *m* et *f* sont juxtaposées (*état associé*), à peu près comme des molécules non ionisées. Sans qu'on sache pourquoi, c'est seulement à l'état associé que peut se produire la maturation sexuelle.

6. La disparition des hémimolécules *m* ou *f*, dans les cellules génitales, constitue la *maturation chimique*, phénomène invisible, cause de l'attraction du spermatozoïde par l'œuf, qui est indépendant de toutes les manifestations morphologiques (mitoses de réduction, globules polaires). Ce qui est rejeté dans les globules polaires, ce sont des hémimolécules *f* qui sont en trop, de sorte qu'il y a désormais équivalence entre les hémimolécules de l'œuf et celles du spermatozoïde.

L'effet de la maturation chimique est de suspendre l'activité de la cellule qu'elle frappe, au stade où elle se trouve, tantôt avant les mitoses réductrices (*Ascaris*), qui ne pourront se produire qu'après l'entrée du spermatozoïde qui compense la maturation, tantôt après ces mitoses (*Echinus*).

7. La disparition des hémimolécules mâles ne se produit pas dans les œufs parthénogénétiques francs, qui restent capables d'assimiler; elle se produit incomplètement dans les œufs de l'Abeille, de sorte que ceux-ci peuvent à la fois fonctionner comme œufs parthénogénétiques, grâce aux molécules complètes qui leur restent, et comme œufs fécondables capables d'attirer les spermatozoïdes, grâce aux hémimolécules *f* qu'ils renferment. La parthénogénèse expérimentale a pour effet de suspendre la maturation chimique des œufs, de sorte que ceux-ci restent capables d'assimilation et de développement.

La fécondation mérogonique est une fécondation partielle, mais suffisante, des hémimolécules *f* du cytoplasme de l'œuf anucléé par les hémimolécules *m* du spermatozoïde.

8. On sait que, lorsque le spermatozoïde entre dans l'œuf, il se forme autour du spermatozoïde des radiations, que M. Le Dantec attribue à l'attraction réciproque des hémimolécules *m* renfermées dans la pièce moyenne et des hémimolécules *f* réparties dans tout le cytoplasme ovulaire. La présence d'asters tout semblables dans les cellules en mitose force naturellement à voir dans celles-ci un phénomène sexuel du même ordre. M. Le Dantec suppose qu'au bout d'un certain temps d'assimilation, le cytoplasme entier (mais non le noyau) se trouve rempli d'hémimolécules *f*; les hémimolécules *m* sont accumulées dans le centrosome. Les asters polaires sont dues à l'attraction réciproque des hémimolécules *m* et *f* et nous montrent qu'il y a une fécondation cytoplasmique précédant la division. Quant aux substances du noyau, elles n'ont pas subi la disjonction, et sont entraînées passivement dans les courants déterminés par les phénomènes cytoplasmiques. La division cellulaire qui s'ensuit est due à cette séparation passive des noyaux, qui crée par suite deux tourbillons d'échange séparés, de sorte que la cellule primitivement unique peut se séparer en deux moitiés.

9. J'ai déjà dit plus haut que toutes les cellules d'un organisme renferment les mêmes substances plastiques, chacune avec un coefficient quantitatif particulier à l'individu; les individus de même race ont un certain nombre de coefficients communs. Quand il y a fécondation entre deux individus de races différentes, les hémimolécules *m* des substances plastiques de l'un sont saturées par les hémimolécules *f* des substances plastiques de l'autre; mais on conçoit que le nombre des molécules complètes ainsi formées est le plus petit des nombres absolus qui représentent la quantité des hémimolécules *m* et *f*; les hémimolécules en excès restent inutiles et disparaissent. C'est la *loi du plus petit coefficient*, dont l'auteur tire parti pour expliquer les caprices (?) de l'hérédité.

Par une timidité bien inattendue, M. Le Dantec n'explique pas la nature du sexe, non plus que la différenciation histologique; peut être a-t-il été gêné par les hypothèses précédemment admises; il est, en effet, assez difficile de comprendre la dioïcité, puisque toutes

les cellules d'un mâle renferment autant d'hémimolécules *m* et *f*; et assez difficile de comprendre la différenciation cellulaire, puisque toutes les cellules d'un individu renferment les mêmes substances plastiques, avec les mêmes coefficients quantitatifs.

Critique. — Tandis que certains chapitres, surtout au début et dans la partie psychologique, sont écrits de main de maître, dans un langage saisissant et rigoureux, plein d'expressions heureuses, d'autres paraissent de vrais romans, peut-être d'apparence logique, mais où le raisonnement conduit à des conceptions tellement fantastiques qu'il faut quelque temps pour s'y habituer et les prendre au sérieux. D'ordinaire, le biologiste, tourmenté par le démon de la théorie, commence par rassembler à grand'peine tous les faits constatés sans en omettre un seul; il les vérifie au besoin, les groupe, puis ne hasarde sa théorie que lorsqu'elle relie tous les faits, sans être en contradiction avec aucun d'eux. M. Le Dantec n'est pas si difficile : il théorise d'abord, et ne s'arrête pas, même si ses conceptions cessent de cadrer avec les faits les plus apparents; par exemple, tous les cytologistes se refuseront à admettre que les substances plastiques du noyau sont les mêmes que celles du cytoplasme; c'est tout à fait improbable, et cependant M. Le Dantec ne recule pas devant cette manière de voir. Je sais bien qu'on n'a pas prouvé d'une façon absolue que la chromatine est la base physique de l'hérédité, mais enfin il y a tout de même beaucoup de bonnes raisons pour le croire : M. Le Dantec le nie, tout simplement.

Chez les *Asterias*, la maturation chimique doit commencer lors de l'apparition du premier globule polaire (ainsi qu'il résulte des expériences de parthénogénèse expérimentale, qui réussissent au mieux à ce moment là); or, c'est à ce moment que la fécondation mérogonique est la plus facile, pour devenir de plus en plus difficile à mesure que l'œuf continue son évolution vers la maturité morphologique (Delage). La théorie de M. Le Dantec exigerait précisément le contraire.

Un peu plus de critique dans les faits cités ne messiérait pas, même dans une œuvre si fortement théorique : les Léporides ne sont pas des hybrides de Lièvre et de Lapin, mais bien des Lapins; l'épilepsie traumatique des Cobayes (expérience de Brown-Séquard) ne paraît pas être héréditaire; les résultats des expériences de Mary Treat et de Yung sur la détermination du sexe chez les Chenilles et les Grenouilles sont controuvés; il est démontré que le sexe est *histologiquement* déterminé dès le début de la vie larvaire, et que la nutrition n'a aucun effet déterminant. On attend toujours un cas positif authentique de télégonie, tandis que les résultats négatifs ne se comptent plus. Le développement des ornements sexuels des mâles, par suite du choix des femelles sensibles à la beauté, est une théorie insoutenable, aussi bien que celle qui attribue au choix des Insectes l'origine des brillantes couleurs florales. Il n'est pas possible d'admettre sans discussion l'*unique* exemple cité d'hérédité de caractère acquis (Céphalopode déroulé conservant le sillon dorsal résultant de la pression des tours de spire chez le Céphalopode enroulé) : les *Macroscaphites*, les *Ancyloceras*, les *Spiroceras*, les Gastropodes déroulés (Vermets) ne montrent pas trace d'un pareil sillon.

Mais, après tout, ce ne sont là que des détails d'importance très secondaire, car les grandes théories générales sont, dans une certaine mesure, indépendantes des faits, qui les empêcheraient bien vite de prendre leur essor. Pour le biologiste, qui reste sceptique au sujet de la solidité de ces immenses édifices aux fondations incertaines, elles ont surtout l'avantage de faire regarder les choses d'une autre manière que d'habitude, et de suggérer des expériences et des recherches nouvelles; c'est ce qui explique « le grand succès du système fantastique de Weismann », qui a été l'occasion de trouvailles très fécondes, non point parce qu'on a cru à la vérité du système, mais parce qu'on a cherché à le critiquer. Je ne sais si les hémimolécules mâles et femelles, les coefficients quantitatifs, les agrégats, la maturation chimique et le patrimoine héréditaire ont une existence beaucoup plus réelle que les biophores, les déterminants, les divisions réductionnelles et les plasmas ancestraux, mais je souhaite que le système de M. Le Dantec soit aussi profitable pour la Biologie que l'a été celui de Weismann.

L. Cuénot,
Professeur à l'Université de Nancy.

4° Sciences médicales

Potron (Dr M.). — **A propos des Blastomycètes dans les tissus.** Recherches morphologiques ; application des caractères de la membrane a la diagnose des Blastomycètes dans les tissus. (*Thèse de la Faculté de Médecine de Nancy.*) — *1 vol. in-8° de 227 pages et 2 planches. Imprimerie nancéienne. Nancy*, 1903.

Les Blastomycètes ne sont pas précisément des nouveaux venus en Médecine. Voilà plus de soixante ans que les plus célèbres d'entre eux, les levures, reviennent périodiquement prendre place parmi les agents pathogènes ou parmi les agents thérapeutiques. Ces puissants élaborateurs de la matière sont regardés, un jour comme de redoutables parasites, le lendemain comme une panacée universelle.

M. Potron ne s'est pas laissé séduire outre mesure par l'attrait mystérieux que les ferments animés ont si longtemps exercé sur l'imagination des médecins; il s'est placé sur le terrain, plus modeste, mais plus solide, des faits, en cherchant un critérium auquel on pût reconnaître les Blastomycètes dans les tissus de l'homme et des animaux, sans risquer de confondre avec eux des Sporozoaires, des Sarcines, des cellules malades ou de simples précipités de réactifs colorants, comme on l'a reproché, non sans quelque raison, à divers observateurs.

Les Blastomycètes, étant des cellules de champignons, doivent être déterminés d'après des caractères botaniques. Si le protoplasme est souvent éphémère, la membrane végétale reste reconnaissable comme telle à travers les modifications, les dégénérescences, les altérations que lui impriment la vie parasitaire et la réaction des tissus hospitaliers. L'auteur a su préciser la nature et l'étendue de ces variations, en recherchant méthodiquement, dans l'organisme animal, des Blastomycètes connus, qu'il avait inoculés par des voies diverses à des animaux opposant divers degrés de résistance à l'invasion de ces parasites, et en s'aidant des procédés les plus délicats de la technique histologique.

Sans entrer dans les détails beaucoup trop spéciaux de cette étude, nous signalerons la remarquable évolution de la capsule, qui, pendant la vie parasitaire, s'épaissit et se différencie, et celle de la cuticule proprement dite, dont les restes marquent longtemps la place des globules détruits. A aucun stade, les Blastomycètes ne rappellent les corps de Russell.

En somme, M. Potron nous met en possession d'un signalement précis, grâce auquel nous distinguerons sans peine les Blastomycètes des formations énigmatiques sur lesquelles les médecins avaient échafaudé trop d'hypothèses gratuites.

Paul Vuillemin,
Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 *Août* 1903.

M. le Président annonce à l'Académie la mort de M. **Munier-Chalmas**, membre de la Section de Minéralogie. — M. Janssen signale le décès de M. **Prosper Henry** et rappelle les services qu'il a rendus à l'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — M. **N. Saltykow** étudie les relations entre les intégrales complètes de Sophus Lie et de Lagrange.

2° Sciences physiques. — M. le général **Sébert** rappelle les nombreuses hypothèses auxquelles a donné lieu la production d'un bruit violent dans le tir des armes à grande vitesse initiale. La théorie du champ acoustique de M. Charbonnier a seule permis d'expliquer toutes les particularités du phénomène. — M. **P. Charbonnier** montre que le frottement intérieur des gaz peut être rattaché à la théorie du champ acoustique et qu'il n'existe pas, à proprement parler, de propriété physique des gaz à laquelle ce mot puisse être appliqué. Les mesures où l'on essaie de déterminer ce frottement ne font connaître que la valeur du coefficient de frottement du gaz sur le solide employé comme surface fixe. — M. **F.-A. Forel** vient de constater à nouveau l'apparition de la couronne solaire appelée cercle de Bishop, déjà vue en 1884 après l'éruption du Krakatoa. Elle paraît être due à l'existence d'un anneau de poussières volcaniques extrêmement fines, entourant la Terre dans les hautes couches de l'atmosphère. — M. **H. Moissan** décrit un nouvel appareil très simple pour obtenir rapidement la plupart des gaz dans un grand état de pureté. La méthode consiste à liquéfier le gaz dans un petit tube, puis à le solidifier et à faire le vide dans l'appareil au moyen d'une trompe à mercure. Puis le solide est ramené à l'état gazeux et le gaz recueilli dans des flacons. — M. **A. Colani** a obtenu un certain nombre de combinaisons binaires de l'uranium : US, USe, U^4Te^3, U^3Az^2, U^3P^2, U^3As^4, en faisant réagir H^2S, H^2Se, Na^2Te, AzH^3, PH^3, AsH^3 sur le chlorure double UCl^4. NaCl au rouge. — M. **H. Labbé** expose une nouvelle méthode d'appréciation de la réaction alcaline du sang. — M. **L. Monfet** a reconnu que l'urine ne contient que des traces de phénols libres, retenus par le noir animal. Les fèces ne renferment pas de phénols sulfoconjugués. — M. **Th. Schlœsing père** poursuit la description des appareils employés dans sa méthode d'analyse mécanique des sols.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Vuillemin** a cultivé dans des tubes à essai placés à l'obscurité le *Dictyostelium mucoroides*, Mycétozoaire du groupe des Acrasiées. Il ne s'est développé que parallèlement à des Bactéries déterminées; celles-ci n'agissent pas indirectement en modifiant le milieu, elles servent d'aliment aux corps amiboïdes qui les englobent et les digèrent. — M. **de Lamothe** a reconnu que le Rhin a, pendant une longue période (Pliocène moyen et une partie du supérieur), suivi les vallées du Doubs et de l'Allaine entre Delle et Dôle ; il les a creusées sur une profondeur de 120m-130m, jusqu'à 15m-20m au-dessus du thalweg actuel. Postérieurement à cette époque, la vallée du Doubs a encore été creusée de 15m-20m par le Doubs et ses affluents, remblayée sur 20 mètres avec des matériaux jurassiens et vosgiens, puis déblayée.

Seance du 17 *Août* 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **N. Saltykow** étudie le rapport des travaux de Sophus Lie à ceux de J. Liouville. — M. **Edm. Maillet** communique ses recherches sur les fonctions entières d'ordre zéro. — M. **C. Stormer** signale quelques propriétés nouvelles remarquables des intégrales de Fourier-Cauchy. — M. **H. Deslandres** a étudié le spectre de la comète Borrelly (1903 *c*). Elle possède le spectre ordinaire de ces astres, constitué surtout par les bandes du carbone attribuées aux hydrocarbures et au cyanogène. Les différents points de la comète ont des vitesses radiales différentes par rapport à la Terre.

2° Sciences physiques. — M. **J. Violle** a remarqué, pendant le tir des canons contre la grêle, une sorte de sifflement, analogue à celui d'une fusée d'artifice. Il l'attribue à la belle couronne de fumée en forme de tore lancée dans l'atmosphère et qui constitue un projectile gazeux. — M. **Léon Guillet** a construit un diagramme donnant les propriétés des aciers au nickel en portant en abscisses les teneurs en carbone et en ordonnées les teneurs en nickel. Quatre lignes divisent le plan en cinq espaces correspondant : aux aciers à même structure que les aciers au carbone, aux aciers formés de fer α et de martensite, aux aciers formés de martensite pure, aux aciers formés de martensite et de fer γ, aux aciers formés de fer γ. On déduit ainsi de la composition de l'acier sa structure et, par conséquent, ses propriétés mécaniques. — MM. **A. Guyot** et **M. Granderye** ont préparé le tétraméthyldiamino-diphénylènephénylméthane dissymétrique en décomposant le diazoïque préparé avec le dérivé *o*-aminé de la leucobase du vert malachite. Le colorant fluorénique qui en dérive est violet grisâtre, sans brillant. — M. **J. Gautrelet** a mis en évidence la présence d'acide lactique dans les muscles de *Scyllium canicula*, de *Mustelus* et de *Maia*. — M. **Th. Schlœsing père** indique quelques exemples d'analyse mécanique des sols.

3° Sciences naturelles. — M. **M.-C. Dekhuyzen** fait connaître un liquide fixateur isotonique à l'eau de mer, qui ne produit ni rétractation ni gonflement des tissus. Dans 250 centimètres cubes d'une solution à 2,5 °/₀ de bichromate de potassium dans l'eau de mer filtrée, on verse 25 centimètres cubes d'acide nitrique à 6,3 °/₀; puis on ajoute 54 centimètres cubes d'une solution d'acide osmique à 2 °/₀. — M. **Ed. Hesse** a constaté la présence de Microsporidies du genre *Thelohania* chez les Insectes (larves de *Tanypus varius* et de *Limnophilus rhombicus*). Les *Thelohania* ne sont pas propres aux Crustacés et ne sont pas spécialisées comme parasites musculaires. — M. **A. Bonnet** a étudié l'évolution post-embryonnaire des Ixodes; elle présente une répétition de phénomènes d'histogenèse absolument semblables, à l'état de larve et à l'état de nymphe, qui ont pour effets principaux la reconstitution du tube digestif moyen et la résorption du vitellus.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 25 *Juillet* 1903.

M. **Ch. Richet** a extrait des tentacules d'Actinies, outre la thalassine, deux autres substances, les congestines α et β. La congestine β est excessivement toxique, mais l'injection préalable de thalassine a pour résultat de neutraliser ses effets. — M. **F.-J. Bosc** a constaté que les lésions du système nerveux central dans la clavelée sont étroitement juxtaposables à celles de la rage. — M. **A. Gautier** a trouvé de minimes quantités d'arsenic dans la viande des Mammifères, la membrane coquillère, le jaune d'œuf ; cependant, il ne croit pas que ce corps existe, même à l'état de traces, dans toute cellule vivante. — MM. **J.-E. Abelous** et **H. Ri-**

baut établissent que la production d'hydrogène sulfuré par les extraits organiques animaux et les extraits de levure de bière en présence de soufre n'est pas le résultat de l'activité d'un ferment soluble. — MM. **J.-E. Abelous** et **J. Aloy** ont trouvé dans les pommes de terre un ferment soluble réduisant les nitrates; la présence d'une atmosphère d'oxygène pur entrave la réaction. — M. et Mme **L. Lapicque** présentent une série d'oscillogrammes de diverses ondes électriques qu'ils ont appliquées à l'excitation musculaire. — M. **C. Phisalix** : Recherches sur l'immunité naturelle des vipères et des couleuvres (voir p. 919). — Mlle **A. Drzewina** a étudié le tissu lymphoïde du rein du *Proteus anguineus* Laur; cet organe présente une double fonction : lymphopoïétique et excrétrice. — M. **Mavrojannis** a provoqué de la catalepsie sans excitation préalable chez les rats par injection de morphine; l'auteur pense que la catalepsie rentre dans l'ordre des maladies par auto-intoxication. — M. **Ch. Garnier** a observé une diminution de l'activité lipasique au cours de dosages successifs d'un même mélange de lipase et de monobutyrine; d'autre part, le pouvoir lipasique augmente avec la quantité de monobutyrine. — M. **F. Laulanié** montre que les combustions considérées comme la mesure de la dépense alimentaire n'excèdent jamais les besoins de l'organisme et qu'en un mot il n'y a pas de consommation de luxe. — Le même auteur étudie les sources de la chaleur animale dans la vie asphyxique; elles sont les mêmes que dans la vie normale : le débit seul en est diminué. — Enfin, M. Laulanié a constaté une remarquable fixité des combustions et des dépenses alimentaires chez des sujets adultes placés dans des conditions invariables. — MM. **E. Hédon** et **C. Fleig** ont conservé plus ou moins longtemps l'irritabilité de certains organes séparés du corps par immersion dans un liquide nutritif artificiel composé comme suit : NaCl, 6; KCl, 0,2; $CaCl^2$ 0,1; SO^4Mg 0,3; PO^4HNa^2 0,5; CO^3NaH 1,5; glucose, 1; oxygène à saturation; eau, 1.000. — M. **E. Laguesse** a étudié la structure de la capsule de la rate chez l'*Acanthias vulgaris*. — MM. **A. Rodet** et **Granier** ont essayé de traiter la tuberculose expérimentale au moyen d'extrait de ganglions tuberculeux, seul ou associé à du sérum de chèvre; le résultat a été négatif. Le traitement préventif par le même extrait n'a pas déterminé, non plus, chez le cobaye, un état d'immunité à l'égard de l'infection tuberculeuse ultérieure. Le sérum de chèvre traitée par des extraits de ganglions tuberculeux de cobayes a été également incapable d'enrayer la tuberculose expérimentale du cobaye. — MM. **Lagriffoul** et **Pagès** ont observé que le sérum des nouveau-nés issus de mères tuberculeuses n'agglutine pas, en général, le bacille de la tuberculose. Quand l'agglutinine existe en abondance dans le sang de la mère, une certaine quantité peut pénétrer dans l'organisme. — M. **Lucien** a étudié les premières phases de la formation du corps jaune chez certains Reptiles. — M. **A. Branca** a observé les phénomènes de dégénérescence cellulaire qui se produisent dans le testicule des Lémuriens en captivité, et la structure des voies spermatiques chez le *Lemur rufifrons*. — M. **R. Blanchard** a poursuivi ses expériences sur la Marmotte en hibernation. Elle ne présente pas, à l'égard des toxines tétanique et diphtérique, une résistance sensiblement différente de celle des autres animaux; à dose élevée, mais non mortelle, les toxines produisent une excitation assez vive pour réveiller l'animal, qui se rendort progressivement. Le *Trypanosoma Brucei* y évolue plus lentement que chez l'animal en état de veille, mais la maladie se termine également par la mort. Pendant leur sommeil, les Marmottes peuvent être le siège de divers parasites. — MM. **J. Ville** et **J. Moitessier** ont constaté que, lorsque l'on traite le sang par l'eau, le ferment qui décompose H^2O^2 s'extravase des globules en même temps que l'hémoglobine. — M. **Tribondeau** a reconnu que les grains urinaires contenus dans les cellules des tubes contournés de la Tortue grecque ne sont pas des sphérules d'urate ou d'acide urique, mais des corps très complexes. Les vésicules lipoïdes contiennent de la graisse ou de la lécithine. — Le même auteur a observé que la portion terminale des canaux urinifères des serpents semble jouer un rôle important dans la formation définitive de l'urate d'ammoniaque et dans la sécrétion du sulfo-indigotate de soude. — M. **Lafforgue** a constaté l'existence de la spirillose humaine (typhus récurrent) en Tunisie. — MM. **C. Nicolle** et **E. Ducloux** ont observé également la spirillose des oies aux environs de Tunis. — MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas** ont pu suivre minutieusement l'agonie et la mort d'un hémiplégique. Les vaso-moteurs du côté hémiplégié se sont fatigués plus rapidement, et leur mort semble avoir précédé celle des vaso-moteurs du côté sain. — MM. **X. Bender** et **A. Léri** ont observé une prolongation de la grossesse coïncidant avec l'anencéphalie du fœtus; il semble que l'accouchement est retardé parce que la tête, incomplètement développée, n'appuie pas sur le segment intérieur de l'utérus. — Les mêmes auteurs ont constaté, chez trois fœtus anencéphales, une atrophie extrême des capsules surrénales.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences physiques.

A. Fowler : Sur une nouvelle série de lignes dans le spectre du Magnésium. — Quoique le spectre du magnésium ait fait le sujet de beaucoup de recherches, certaines lignes qui existent dans le spectre de l'arc paraissent avoir échappé jusqu'ici aux investigations. Les lignes en question sont comparativement faibles; mais, à cause de leur intérêt théorique, il est bon d'attirer l'attention sur elles.

Ces nouvelles lignes font leur apparition dans le spectre lorsque l'arc passe entre des pôles consistant en baguettes de magnésium, mais elles n'apparaissent pas toujours avec une égale intensité. Elles sont quelque peu nébuleuses, principalement sur leur côté le moins réfrangible, de sorte que leur position ne peut être déterminée avec une grande précision; mais, en tant qu'il a été possible à l'auteur de les déterminer avec les instruments dont il disposait, les longueurs d'onde sont (dans l'air) 4.511,4; 4.251,0; 4.106,8 et 4.018,3.

Un simple regard jeté sur les photographies indique que ces lignes constituent une série régulière, associée avec la série beaucoup plus forte décrite par Rydberg, ayant comme longueurs d'onde 5.528,75, 4.703,33, 4.352,18, 4.167,81, 4.058,45 et 3.987,08, d'après les mesures de Kayser et Runge. Cette appréciation semble avoir été suffisamment confirmée par le calcul.

Rydberg a trouvé que ni sa propre formule générale, ni celle de Kayser et Runge ne pouvaient être appliquées avec une précision suffisante à la série la plus forte, et il a employé une combinaison des deux formules, c'est-à-dire :

$$n = a + \frac{b}{(m+\mu)^2} + \frac{c}{(m+\mu)^4},$$

dans laquelle n représente la fréquence d'oscillation, m a les valeurs 3, 4, 5, etc., et a, b, c et μ sont des constantes qui doivent êtres déterminées d'après quatre lignes appartenant aux séries.

Pour les séries du magnésium, l'équation calculée par Rydberg est :

$$n = 26.631,44 - \frac{111.856,92}{(m+0,406)^2} + \frac{147.764,05}{(m+0,406)^4},$$

n représentant la fréquence d'oscillation dans l'air, et m ayant les valeurs 3, 4, 5, 6, 7, 8, pour les six lignes mentionnées ci-dessus.

Employant la même formule pour les nouvelles séries, et calculant les constantes au moyen des quatre lignes, l'équation pour les fréquences dans le vide est :

$$n = 26.595,4 - \frac{102.496,6}{(m+0,618)^2} + \frac{168.840,5}{(m+0,618)^4}.$$

Une autre formule qui peut être employée est :

$$n = n_\infty - \frac{C}{(m + \mu)^2 - m_0}.$$

Cette formule donne pour les deux séries du magnésium les équations suivantes :

Série de Rydberg. $n = 26.601,49 - \frac{107\,071,37}{(m + 1,2304)^2 + 2,13282}$,

Nouvelle série . . $n = 26.587,4 - \frac{100.033,6}{(m + 0,495)^2 + 2,38919}$,

n représentant la fréquence d'oscillation dans le vide, dans chaque cas.

On remarquera que la fréquence de convergence de la nouvelle série est presque égale à celle de la série de Rydberg, comme on peut s'y attendre avec les longueurs d'onde approximatives employées, et l'on peut ajouter que dans chaque cas la constante m_0 est d'une grandeur peu ordinaire. Ces faits, mis en rapport avec les caractères généraux et les intensités relatives des lignes, rendent très probable que la nouvelle série est associée avec la série de Rydberg comme seconde et première série subordonnées respectivement.

Si l'on applique la formule au calcul des membres de la nouvelle série pour lesquelles $m = 3$ et $m = 2$, les longueurs d'onde correspondantes dans l'air sont 5.065,0 et 6.674,5. La première est probablement représentée par une ligne ayant une longueur d'onde approximative 5.067, que l'on n'aperçoit pas aussi facilement sur les photographies que les autres, parce que les plaques employées sont comparativement lentes pour cette partie du spectre; si on les expose plus longtemps, le spectre de bande du magnésium devient assez marqué pour presque masquer la ligne. La ligne 6.674,5 est peut-être placée trop loin dans le rouge pour être observée convenablement, d'autant plus qu'elle est probablement faible et mal définie.

On peut conclure en disant que le spectre d'arc du magnésium comprend deux séries subordonnées de lignes simples en plus des deux séries subordonnées de triplets bien connues. Aucune combinaison analogue de séries ne semble avoir été jusqu'à présent remarquée dans le spectre d'un métal; mais deux catégories de séries, chaque catégorie comprenant une série principale et deux séries subordonnées, sont bien connues dans le spectre de l'hélium et de l'oxygène.

2° Sciences naturelles.

A. Castellani : Sur la découverte d'une espèce de Trypanosoma dans le fluide cérébro-spinal au cours de la maladie du sommeil. — Le 12 novembre 1902, en examinant un spécimen de fluide cérébro-spinal obtenu par ponction lombaire sur un malade atteint de maladie du sommeil bien caractérisée, l'auteur fut surpris d'y voir un trypanosome vivant. Depuis cette date, l'auteur a fait beaucoup d'observations du même genre.

Ces trypanosomes ne se trouvent pas en grand nombre; aussi, pour les découvrir, est-il nécessaire de retirer au moins 15 cc. de fluide cérébro-spinal. Il est préférable de rejeter les premiers cc., car ils peuvent contenir du sang. Lorsque le liquide sort clair, on en recueille 10 cc. qui sont centrifugés pendant 15 minutes. Ce temps expiré, on trouve au fond du tube un léger dépôt de sédiment blanchâtre, et, dans quelques cas, aussi une faible trace de sang.

On décante le liquide, et le dépôt est alors examiné sous le microscope à un faible grossissement. Comme les trypanosomes sont tout d'abord assez actifs, on les découvre facilement.

Sur 34 cas de maladie du sommeil, l'auteur a trouvé dans 20 cas des trypanosomes dans le fluide cérébro-spinal pris par ponction lombaire pendant la vie, soit une proportion de 70 %.

En deux occasions, l'auteur a aussi examiné de la même façon le liquide provenant des ventricules latéraux, et dans les deux cas il a trouvé le même parasite. Il a obesrvé une fois avec certitude le trypanosome dans le sang.

On pourrait penser que l'on trouve des trypanosomes dans le liquide cérébro-spinal à cause des traces de sang qui font quelquefois partie du sédiment; mais, dans beaucoup de cas, il n'y avait aucune trace de sang.

En aucun cas, sur 12 cas de maladie ordinaire, le liquide cérébro-spinal pris durant la vie par ponction lombaire ne contenait de trypanosoma; et il est important de noter que 3 d'entre eux étaient des cas de fièvre ordinaire à trypanosome, décrite par Forde, Dutton, Manson, Daniels, etc.

Le trypanosome trouvé dans le liquide cérébro-spinal d'un malade atteint de maladie du sommeil ne doit pas, autant que l'auteur a pu s'en persuader, différer matériellement en dimension et en forme de l'espèce que l'on trouve dans le sang des malades atteints de la fièvre à trypanosome, le *Trypanosoma Gambiense* (Dutton); mais on pourrait peut-être le différencier de ce dernier, parce qu'en règle générale le micro-nucleus est situé plus près de l'extrémité et que la vacuole apparaît plus grande. En outre, ses mouvements ne semblent pas aussi actifs; mais ce fait peut être dû aux effets de la centrifugation. Dans le cas où il serait prouvé que le trypanosome décrit par M. Castellani est une nouvelle espèce, on pourra le désigner, d'après le pays où il l'a découvert pour la première fois, sous le nom de : *Trypanosoma Ugandense*.

Dans l'examen *post-mortem* de 80,7 % des cas où l'auteur a trouvé le trypanosome pendant la vie, il a retiré du sang du cœur et du liquide des ventricules latéraux la variété de *Streptococcus* qu'il a décrite il y a quelques mois dans son premier Mémoire. Jusqu'à cette époque, il n'avait jamais découvert le trypanosome; mais il se l'explique facilement par le fait qu'il n'employait pas la technique décrite dans ce Mémoire, c'est-à-dire l'examen d'une grande quantité de liquide après une longue centrifugation.

D'après ses dernières recherches, l'auteur désire suggérer, comme hypothèse sur laquelle on pourra fonder les futures recherches, que la maladie du sommeil est due à l'espèce de trypanosome qu'il a trouvée dans le liquide cérébro-spinal des patients atteints de cette maladie, et que, tout au moins dans les derniers degrés, il y a une infection streptococcique concomitante qui joue un certain rôle dans le cours de la maladie.

Pour confirmer les observations du Dr Castellani rapportées dans la communication ci-dessus, Sir Michael Foster, secrétaire de la Société Royale, a indiqué que le Colonel Bruce, auquel dans l'Uganda le Dr Castellani a fait part de sa découverte du Trypanosoma, et qui continue maintenant les recherches commencées par ce dernier, a envoyé un télégramme, reçu le 4 mai, faisant savoir que, depuis le départ du Dr Castellani, sur 38 cas de maladie du sommeil, il a trouvé chaque fois le trypanosoma dans le liquide obtenu par ponction lombaire, et qu'il a trouvé le trypanosoma dans le sang dans 12 cas de maladie du sommeil sur 13.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Juin et de Juillet 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. Millosevich** transmet ses observations des petites planètes L T et L U Dugan 1903, faites à l'équatorial de 39 centimètres de l'Observatoire du Collège Romain. — **M. Pascal**, continuant ses précédentes recherches, s'occupe d'une classe de covariants simultanés d'une forme différentielle d'ordre quelconque et d'une forme aux dérivées partielles. Une deuxième Note du même auteur a pour sujet les transformations infinitésimales appliquées à une forme différentielle d'ordre r. — **M. Ricci**, partant d'un problème posé par M. Hadamard, étudie les sur-

faces géodésiques dans une variété quelconque et en particulier dans les variétés à trois dimensions. — M. **Fubini** présente trois Notes sur les équations de la Dynamique. Dans la première, il étudie en général ces problèmes où les forces admettent un potentiel, et où les faisceaux de trajectoires (ensemble de trajectoires correspondant à une même valeur de la constante des forces vives) sont permutés entre eux par un groupe de Lie. La seconde Note distingue parmi ces problèmes ceux qui ont trois coordonnées libres; la troisième étudie les problèmes dynamiques dont les équations différentielles de Lagrange (établissant les mouvements) admettent un groupe de Lie. — M. **Contarini** complète ses précédentes recherches sur le problème général de la séismographie en étudiant le mouvement d'un système holonome de corps rigides. — M. **Boggio** présente une Note dans laquelle il se propose d'établir une loi analogue à celle de Weber, exprimant la force électrique qui se développe entre deux masses électriques m et m_1 dans un état donné de mouvement. Cependant cette loi, à la différence de celle de Weber, n'est pas établie *a priori*, mais, au contraire, elle dérive des modernes théories électro-dynamiques.

2° Sciences physiques. — M. **Riccò** présente à l'Académie un Rapport sur les déterminations de la pesanteur qu'il a exécutées dans vingt-sept stations de la Sicile orientale, en Calabre et dans les îles Eoliennes — M. **Magini** étudie les spectres d'absorption des rayons ultraviolets par les corps isomères *ortho*, *meta*, *para*, et cherche si la position des groupements égaux des corps exerce quelque influence sur ces spectres. — M. **Agamennone** donne d'intéressantes notices sur un Mémoire du P. Eschinardi, qui, en 1680, aurait observé le passage brusque de l'aiguille magnétique de l'indication de trois degrés de déclinaison à celle de cinq degrés, saut que le P. Eschinardi attribue à l'action d'un tremblement de terre qui se produisit à Malaga. — M. **Oddo** montre qu'il est possible d'obtenir le dosage volumétrique du cuivre dans ses sels au moyen d'une solution décinormale de xanthogénate potassique, en employant la diphénylcarbazide symétrique comme indicateur. — MM. **Angeli**, **Angelico** et **Castellana** décrivent quelques dérivés qu'ils ont obtenu du camphre. — M. **Ulpiani** expose les résultats qu'il a obtenus en cherchant, à l'aide de l'éther nitromalonique, à exécuter des synthèses qui permettent de préparer facilement les nitro-dérivés de la série aliphatique, dont peu de termes sont connus. — M. **Chilesotti** parle des produits de la réduction électrolytique des solutions acides d'anhydride molybdique. — M. **Pacini** résume ses observations sur les variations du potentiel qui accompagnent la production de l'effluve entre une pointe et un disque métallique, en tenant l'appareil dans l'air sec, dans l'hydrogène pur, dans l'oxygène électrolytique et dans l'anhydride carbonique.— MM. **Francesconi** et **Cialdea** rappellent que les anhydrides mixtes d'acides organiques et inorganiques sont peu connus, et ils décrivent quelques anhydrides nitroso-organiques qu'ils ont réussi à obtenir. — MM. **Francesconi** et **Cialdea** indiquent encore une nouvelle méthode pour préparer le chlorure de nitrosyle AzOCl, très pur et en grande quantité.

3° Sciences naturelles. — M. **De Angelis d'Ossat** présente une étude sur le *Clisiophyllum Thildae* n. sp., un corail fossile brésilien, trouvé dans le Rio Tabajoz, affluent du Rio des Amazones; ce fossile appartiendrait à l'époque carbonifère. — M. **Fantappiè** s'occupe de la formation géologique des monts Cimini près de Viterbo; il étudie la structure et l'origine des gisements et des stratifications, et la formation du « peperino ». — M. **Lovisato** donne une description du chrysocolle (silicate hydraté de cuivre) qu'il a trouvé dans une mine de cuivre près d'Ozieri en Sardaigne; il annonce, en outre, avoir découvert la « vanadinite » (chlorovanadate de plomb), minéral très rare et nouveau pour la Sardaigne, sur lequel il transmet des détails. — De nombreuses recherches expérimentales ont été exécutées par M. **Maffucci** sur la transmission de la tuberculose; l'auteur présente les conclusions auxquelles il est arrivé, avec ses observations sur les poulets tuberculeux et sur leurs descendants. — MM. **Fano** et **Enriques** ont appliqué les méthodes de la Chimie physique à l'étude des combinaisons des sels avec les corps protéiques. De ces recherches, il résulte que rien ne prouve que, dans les liquides organiques, les corps protéiques se trouvent combinés avec les sels; mais il est évident que, dans un milieu colloïdal, les réactions chimiques s'accomplissent d'une manière différente que dans les solutions ordinaires. — Avant d'entreprendre une seconde excursion sur le Mont Rose pour étudier les modifications qui se produisent dans la respiration, MM. **Mosso** et **Marro** ont exécuté, dans le Laboratoire de Physiologie de Turin, plusieurs expériences dans une grande chambre pneumatique où l'on pouvait produire, en aspirant l'air, des dépressions correspondant à celles des altitudes de 2.500-2.600 mètres. Ces expériences ont démontré que l'abaissement barométrique cause une notable diminution de l'anhydride carbonique contenu dans le sang, diminution à laquelle M. Mosso a donné le nom de « acapnie » (sans fumée), et qui doit dépendre d'une décomposition chimique du sang et des tissus. Pour faire l'analyse des gaz du sang, MM. Mosso et Marro se servent de l'appareil Bancroft et Haldane modifié par eux; ils montrent que leur procédé présente l'avantage, sur les autres méthodes jusqu'ici employées, d'une grande exactitude et d'un usage facile. MM. Mosso et Marro décrivent les recherches qu'ils ont déjà faites sur les chiens et sur les lapins l'année dernière, à des altitudes différentes, jusque dans la cabane « Regina Margherita », à 4.560 mètres, et les expériences exécutées à Turin dans la chambre pneumatique; elles confirment que, lorsque la pression diminue, l'oxygène et l'anhydride carbonique diminuent aussi dans le sang, et d'une façon si marquée que la diminution peut s'expliquer seulement en admettant que le sang a subi un changement chimique, une diminution de son alcalinité. — Pour déterminer les causes du goitre endémique et du crétinisme, MM. **Grassi** et **Munaron** ont entrepris une série d'observations devant établir une base solide de faits qui permettent de diriger sûrement les recherches microscopiques et chimiques de l'agent pathogène. Les travaux de MM. Grassi et Munaron confirment d'une manière absolue l'importance de l'hérédité dans la diffusion du goitre; les expériences faites sur des chiens ont démontré que le goitre se développe rapidement chez les animaux jeunes, même pendant l'hiver, et même lorsqu'on fait boire aux animaux seulement de l'eau bouillie. Les essais d'inoculation de la maladie, et les essais faits pour tenir les animaux dans des localités où le goitre est endémique, ou dans des lieux où il n'existe pas, prouveraient que la cause du goitre et du crétinisme endémiques doit résider dans des poisons élaborés par des microbes spécifiques, vivant librement dans le terrain; ces poisons pénétreraient dans le corps par le tube intestinal, à l'aide de véhicules différents, comme l'eau potable. — M. **Pittaluga** donne le résultat de ses observations sur la présence et sur la distribution du genre *Anopheles* dans quelques régions de l'Espagne, et il en établit les relations avec le parasite de l'infection paludéenne. — M. **Biondi** a eu l'occasion d'étudier à Sienne un cas de chylurie produit par la *Filaria sanguinis nocturna*. Les larves de *Filaria* sont très nombreuses dans le sang du malade; on peut les conserver vivantes dans des préparations plusieurs jours de suite. Les solutions très diluées acides ou antiseptiques tuent immédiatement les larves; mais les injections de bichlorure de mercure ou de chlorure de quinquina n'entravent pas la maladie. M. Biondi a dirigé ses recherches sur la pathogenèse de la chylurie, et il se propose d'essayer l'action de l'extrait de fougère mâle pour le traitement de cette affection.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 Juin 1903 (suite).

1° SCIENCES PHYSIQUES. — **MM. H. Kamerlingh Onnes** et **W. Heuse** : *La détermination de températures très basses*. V. Le coefficient de dilatation du verre de Jéna et du verre de Thuringe entre + 16° et — 182°. Les résultats sont :

$$l_t = l_{16}[1 + a(t-16) + b(t-16)^2],$$

où $10^6 a = 8{,}178$ et $10^8 b = 0{,}00936$ pour le verre de Jéna, et $10^6 a = 9{,}69$, et $10^8 b = 0{,}0125$ pour le verre de Thuringe. — **MM. H. Kamerlingh Onnes** et **H. Happel** : *La représentation de la continuité des états fluide et gazeux et des divers états d'agrégation solides à l'aide de la surface entropie-volume-énergie (η, v, ε) de*

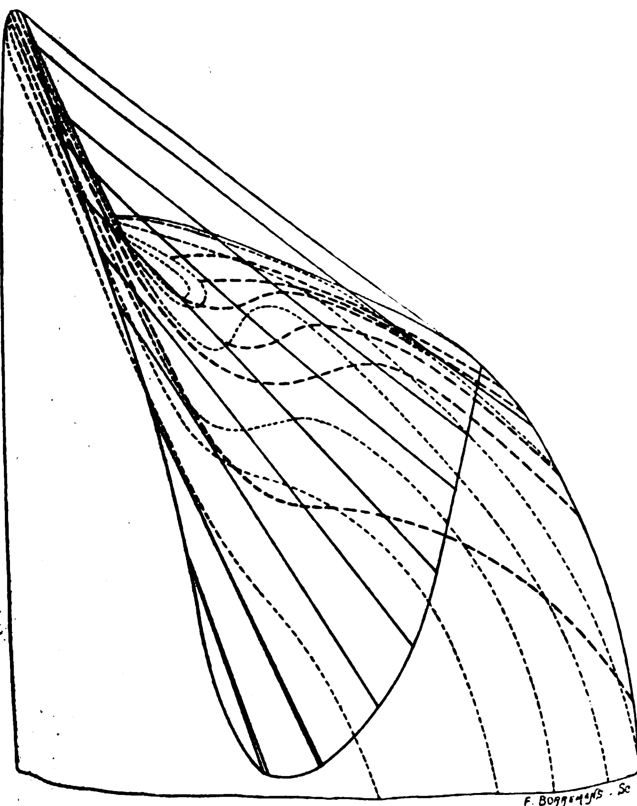


Fig. 1. — *Surface de Gibbs correspondant à une substance dont les propriétés concordent avec celles de l'acide carbonique et qui obéit à l'équation de van der Waals.*

Gibbs. Les auteurs se sont proposé de construire des modèles de la surface de Gibbs, donnant une représentation fidèle des parties expérimentalement connues de cette surface, réunissant ces parties aux domaines fluide et gazeux d'après van der Waals par la crête de l'état solide, de façon que les isothermes de cette surface dévient aussi peu que possible de l'isotherme invariable de van der Waals, et que la forme des isothermes de la projection (η, v) soit aussi simple que possible. Le problème ainsi formulé se réduit à chercher une fonction continue coïncidant avec la surface de Gibbs dans les parties connues, et satisfaisant de plus à un certain critérium de simplicité. Les auteurs ont construit quatre modèles de surfaces de Gibbs. D'abord, ils ont imaginé une substance dont les propriétés s'accordent avec celles de l'acide carbonique, obéissant dans l'état fluide à l'équation d'état originale de van der Waals et se présentant, en outre, sous forme de modification cristalline; de la surface de Gibbs correspondante (fig. 1) ils n'ont représenté que la partie contenant la ligne de fusion. Le second et le troisième modèle se rapportent à l'acide carbonique; le second (fig. 2) donne un aperçu sommaire de la surface de Gibbs correspondante, tandis que le troisième en fait connaître les détails. Enfin, le quatrième modèle a trait à l'eau aux densités maximales (modèle pour les équilibres des systèmes de glace et d'eau de M. Tammann). — **M. C. A. Lobry de Bruyn** : *Les ions entraînent-ils la matière dissolvante pendant l'électrolyse ?* On sait que la façon dont se comportent les électrolytes en solution offre encore bien des points obscurs; ainsi les électrolytes extrêmement dissociés ne suivent pas la loi de dilution de M. Ostwald. Récemment, M. H. Jahn a donné une théorie où cette déviation est attribuée à une action mutuelle entre les ions, tandis que M. Nernst admet de plus une réaction entre les ions et les molécules non dissociées. *A priori*, il ne semble pas impossible que les ions exercent une action sur les molécules du milieu dissolvant par laquelle ils entraînent ce milieu pendant l'électrolyse; si cette supposition s'accorde avec la vérité, on doit en tenir compte dans l'étude du phénomène de l'électrolyse. Il va sans dire que la question de cet entraînement ne peut pas être résolue par l'étude de solutions dans l'eau seulement; on a besoin pour cela de solutions d'un électrolyte dans des mélanges, par exemple d'eau et d'alcool méthylique. En effet, si les ions entraînent une des composantes du milieu dissolvant, le phénomène s'accusera par une différence entre les proportions mutuelles des deux composantes à la cathode et à l'anode. Les expériences, exécutées avec l'aide de MM. C. L. Jungius et S. Tymstra, conduisent à la conclusion que, dans les conditions des essais, il n'y a pas eu entraînement. — Puis, M. Lobry de Bruyn présente au nom de **M. S. Tymstra Bz** : *La conductibilité électrique des solutions de sodium dans les mélanges d'alcool éthylique ou méthylique et d'eau.* Les résultats des expériences faites à 18° sont consignés dans les deux tableaux suivants, à double entrée, où les chiffres de la

TABLEAU I. — *Alcool éthylique.*

	99,44	96,54	88,85	86,50	78,83	70,40	48,18	25,14
1	»	5,32	6,866	7,737	11,59	16,40	35,15	70,05
2	7,602	8,916	11,13	12,44	17,20	23,59	43,59	80,98
4	10,30	11,99	15,17	16,87	22,44	29,70	49,72	89,08
8	12,95	14,99	18,72	20,77	26,38	34,54	54,16	94,62
16	15,79	17,95	22,04	24,29	30,10	38,67	58,07	99,80
32	18,92	21,21	25,27	27,66	33,48	42,19	61,34	103,4
64	22,18	24,53	28,59	30,86	36,60	45,22	63,68	107,2
128	25,41	27,78	31,53	33,73	39,23	47,68	64,89	109,2
256	28,51	30,82	34,31	36,51	41,52	49,67	65,40	111,2
512	31,30	33,62	37,04	38,97	43,00	50,81	64,54	112,0

TABLEAU II. — *Alcool méthylique.*

	100	93,09	87,72	81,40	74,70	69,99	59,97
1	21,49	22,77	23,89	25,72	27,85	30,21	33,48
2	31,18	32,66	33,59	35,02	36,92	38,80	42,75
4	40,38	40,97	41,21	41,97	43,43	45,26	49,01
8	48,13	47,90	47,03	47,24	48,36	49,93	53,60
16	54,78	53,63	52,07	51,41	52,37	54,04	57,33
32	60,77	58,65	56,15	55,03	55,73	57,30	60,47
64	65,97	63,08	59,64	58,13	58,68	59,79	62,87
128	70,42	66,98	62,62	60,28	61,00	62,07	64,99
256	74,50	70,09	64,73	62,12	62,60	63,57	66,40
512	77,92	72,44	66,49	62,99	63,72	64,55	67,01

rangée supérieure indiquent le pourcentage de l'alcool en poids dans les mélanges $C^2H^5OH + H^2O$, $CH^3OH + H^2O$, tandis que ceux de la première colonne font

connaître le nombre de litres des mélanges contenant une molécule de sodium. L'auteur attire l'attention sur la différence entre les deux tableaux, consistant en ce que les nombres du premier croissent régulièrement de gauche à droite, tandis que ceux du second commencent dès la quatrième rangée à diminuer pour s'ac-

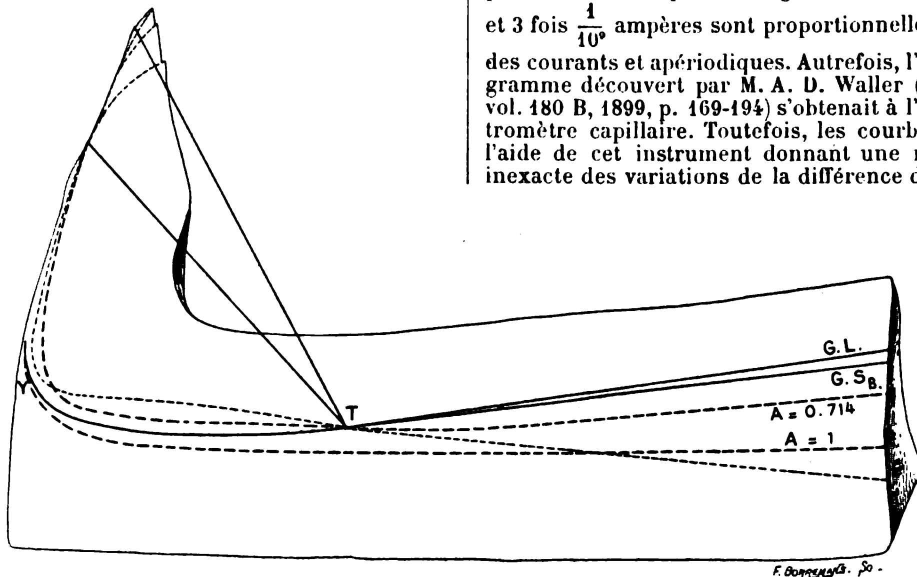


Fig. 2. — *Surface de Gibbs correspondant à l'acide carbonique.*

croître ensuite. — M. H. G. van de Sande Bakhuyzen donne communication de la décision prise de remettre la médaille Buys-Ballot à deux savants, **M. Richard Assmann**, directeur, et M. **Arthur Bernos**, assistant de l'Observatoire aéronautique à Tegel, près de Berlin.

2° Sciences naturelles. — **MM. C. A. J. A. Oudemans** et **C. J. Koning** : *Sur une Sclerotinia, etc.* Supplément à la communication précédente, illustré d'une planche. — **M. W. Einthoven** : *Le galvanomètre à corde et l'électrocardiagramme de l'homme.* L'instrument consiste principalement en un fil de quartz argenté, tendu comme une corde dans un champ magnétique très fort. Si l'on fait passer par le fil un courant électrique, le fil est dévié dans la direction nor-

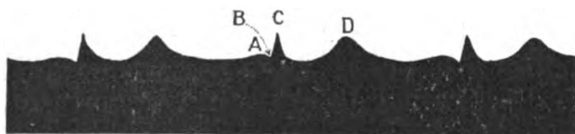


Fig. 3. — *Electrocardiagramme obtenu par M. Waller.*

male aux lignes de force magnétiques, et la valeur de cette déviation est mesurée à l'aide d'un microscope à oculaire micrométrique. Épaisseur du fil, 2,4 μ; résistance, 10.000 ohms; sensibilité : l'instrument accuse des courants de 10^{-12} ampère. L'image 660 fois agrandie du milieu de la corde est projetée sur une fente, normale à cette image. Devant la fente se trouve une lentille cylindrique dont l'axe est parallèle à la fente; derrière la fente, une plaque photographique se meut dans la direction de l'image de la corde. En même temps qu'on enregistre ainsi les vibrations de la corde, on fait dessiner, d'après la méthode excellente de S. Garten, un système de coordonnées sur la plaque sensible. Les droites horizontales s'obtiennent à l'aide d'une échelle micrométrique placée à une petite distance devant la plaque, de façon que les ombres très nettes de la division tombent sur la plaque; les droites verticales s'obtiennent à l'aide d'un disque à raies animé d'une rotation uniforme, interceptant d'une manière intermittente la lumière tombant sur la plaque. Les distances mutuelles des droites parallèles sont à peu près d'un millimètre; chaque cinquième droite est un peu plus forte. Les déviations de la corde correspondant à une répétition régulière de courants de 1, 2 et 3 fois $\frac{1}{10^9}$ ampères sont proportionnelles à l'intensité des courants et apériodiques. Autrefois, l'électrocardiagramme découvert par M. A. D. Waller (*Phil. Trans.*, vol. 180 B, 1899, p. 169-194) s'obtenait à l'aide de l'électromètre capillaire. Toutefois, les courbes obtenues à l'aide de cet instrument donnant une représentation inexacte des variations de la différence de potentiel, il était nécessaire de les reconstruire. Ainsi la courbe de la figure 3 aux sommets C, D s'est transformée dans celle de la figure 4 aux sommets R et T. — M. C. Winker présente au nom de **M. A. Gorter** : *La cause du sommeil.* Les théories connues sur la cause du sommeil ne donnent pas encore une explication satisfaisante de l'envie de dormir et de l'état de sommeil. Elles font intervenir : 1° une anémie du cerveau; 2° une discontinuité dans la conduction du cerveau vers les autres parties du système nerveux; 3° une action de certaines matières de fatigue. L'auteur parvient à la conclusion qu'il n'est pas impossible *a priori* qu'un avenir lointain pro-

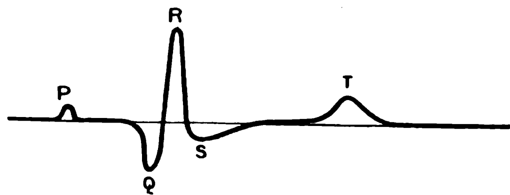


Fig. 4. — *Electrocardiagramme rectifié obtenu par M. Einthoven.*

duise une espèce humaine, à durée de vie probablement plus courte, ne connaissant pas le besoin de dormir. — M. H. W. Bakhuis Roozeboom présente au nom de **M. Eug. Dubois** : *Faits capables de faire connaître la direction du mouvement et l'origine de l'eau du sol des provinces maritimes de la Hollande.* — Rapport de MM. A. A. W. Hubrecht et C. K. Hoffmann sur le Mémoire de **M. H. F. Nierstrasz** : « Das Herz der Solenogastren » (Le cœur des Solénogastres). Le travail paraîtra dans les Mémoires de l'Académie.

P.-H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 19 15 OCTOBRE 1903

Revue générale

des Sciences

pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique du Globe

Le bleu du ciel. — Nous avons eu l'occasion, ici même[1], de résumer les principales théories pour l'explication du bleu du ciel et il n'est pas besoin de revenir sur le détail de cette question; mais nous devons signaler la conférence qu'a faite à ce sujet M. W. Spring, professeur à l'Université de Liége, au Congrès de la Société Helvétique des Sciences naturelles. L'auteur passe en revue, et la théorie chimique avec couleurs propres des corps atmosphériques, et les théories physiques, originaires de Tyndall, basées sur l'illumination des vapeurs; il met la question à jour avec les expériences de Pernter, Soret, Hagenbach et les siennes propres. A ses yeux, les idées de lord Rayleigh sont insuffisantes, le rôle des poussières est mal interprété, la polarisation de la lumière n'est pas une preuve suffisante de l'origine optique du bleu, et l'illumination des couches de densités différentes est inapte également à expliquer le phénomène.

Contrairement à ses prédécesseurs, M. W. Spring croit que les poussières, au lieu de renforcer l'intensité du bleu, en diminuent l'éclat, — le ciel serait alors d'autant plus bleu qu'il y a moins de poussières dans la direction du rayon visuel — et toutes les apparences sont explicables, *par le calcul*, en partant de la considération du seul corps oxygène liquide.

Le régime des pluies au Chili. — M. Wolters, consul général de Belgique à Santiago, vient de publier un Rapport sur le régime des pluies au Chili dans lequel on peut puiser des données très intéressantes. On sait combien ce pays est curieux, long et étroit, serré entre la mer et de très hautes montagnes; les conditions climatériques y sont des plus bizarres, et, d'une manière générale, le régime des pluies au Chili est absolument inverse de celui de toutes les autres contrées de la Terre, principalement en ce que c'est dans la zone tropicale qu'il ne pleut pas.

Mais parcourons rapidement le pays :

Entre les parallèles de 18° et 27°, provinces de Tarapaca et Antofagasta : la pluie est très rare, résultant d'orages locaux et passagers; épais brouillard le matin; on recourt, par irrigation, aux rivières de la Cordillère.

Provinces d'Atacama et de Coquimbo : pluies rares et insuffisantes.

Provinces d'Aconcagua, Valparaiso, Santiago, Nublé : la pluie varie entre 200 et 700 millimètres; mais la saison sèche dure presque sans interruption pendant cinq mois (janvier-mai).

Puis, en descendant encore, les choses changent et il pleut à peu près dans tous les mois; dans la province de Valdivia, on peut atteindre un maximum annuel — le plus élevé du Chili — de 4 mètres d'eau !

§ 2. — Électricité industrielle

La Conférence internationale de Télégraphie sans fil. — A la première séance de cette Conférence, qui vient de terminer ses délibérations, on avait pris la résolution de garder le secret de ces dernières pour quelque temps, en vue de permettre aux représentants des différents pays de présenter un Rapport à leurs Gouvernements respectifs. Or, un article de la *Kölnische Zeitung*, apparemment de source officieuse, nous apprend que les décisions suivantes auraient été prises :

1° Les stations côtières seront tenues de recevoir et de transmettre dans leurs communications avec les vaisseaux tout télégramme sans distinction de système. Afin de faciliter la communication entre les vaisseaux et les stations de télégraphie sans fil, on aura soin de rendre public tout renseignement d'ordre technique. Les stations transmettront de préférence tout télégramme relatif aux désastres de vaisseaux ou aux demandes de secours faites par un vaisseau. Les Etats adhérents établiront, de plus, des taxes de transmission, composées des taxes existantes (à percevoir pour les transmissions sur fil dans les parcours de terre) ainsi que d'une taxe spéciale supplémentaire, relative aux transmissions par les appareils de télégraphie sans fil. Tous les télégrammes seront taxés selon le nombre de mots qu'ils contiennent. Quant aux télégrammes émanant de stations territoriales, la taxe sera payée à ces dernières, le montant de celle-ci

[1] Voyez la *Revue* du 30 janvier 1902, p. 59.

dépendant de la ratification de la puissance intéressée. Les télégrammes transmis du bord des vaisseaux seront payés à la station-vaisseau elle-même, le montant dépendant de ce qu'aura fixé la nation dont le vaisseau porte le pavillon.

2° Le service de télégraphie sans fil sera réglé de façon que les différentes stations n'interfèrent les unes avec les autres que dans une mesure aussi limitée que possible. On prévoit également un certain nombre de règlements techniques assurant à la télégraphie hertzienne toute la sûreté de fonctionnement et toute l'utilité possibles. Bien que cette Conférence préliminaire n'ait compris que des représentants des Etats les plus importants, les autres nations ne seront pas exclues des délibérations définitives ultérieures. Quant à la convention conclue, tout Etat qui en aura manifesté le désir sera autorisé à y adhérer, à condition toutefois d'adopter les règlements à fixer dans la Conférence définitive.

Ces règlements auraient été signés par tous les participants, à l'exclusion seulement de l'Angleterre et de l'Italie, ce dernier pays ayant conclu un traité de quatorze années avec M. Marconi. Quant aux Anglais, ils soumettront à leur Gouvernement les décisions de cette Conférence préliminaire, bien que les règlements de ces matières en Angleterre les obligent à une certaine réserve, et qu'ils aient à compter avec la Compagnie Marconi dont le siège social se trouve dans leur pays.

§ 3. — Chimie physique

La production de l'hélium aux dépens du radium. — Dans ces dernières années, on a fait de nombreux travaux sur l'auto-ionisation des gaz de l'atmosphère et sur la radio-activité induite à laquelle donne lieu ce phénomène. Or, il était intéressant de rechercher la part qu'il faut attribuer, dans les phénomènes en question, aux gaz monoatomiques inertes de l'atmosphère. A cet effet, MM. W. Ramsay et F. Soddy[1] ont employé un petit électroscope renfermé à l'intérieur d'un tube de verre dont la paroi intérieure portait une armature de feuilles d'étain. Une fois chargé, l'appareil conserve sa charge sans pertes appréciables pendant trente-six heures, pourvu que le vide y ait été fait; en introduisant de l'air, on constate, au contraire, une diminution lente. Dans des expériences analogues sur les gaz atmosphériques, la valeur de la décharge était proportionnelle à la densité et à la pression du gaz. De ce fait, on peut conclure que les gaz ne possèdent pas de radio-activité spécifique propre et que la conductivité électrique de l'air doit être due à une activité qui lui est étrangère.

Les mêmes auteurs ont encore fait des expériences sur la nature chimique de l'émanation du thorium et de celle du radium. MM. Rutherford et Soddy ont été conduits à la conclusion que ces émanations seraient des gaz inertes, résistant à l'attaque des réactifs dans une mesure telle qu'on ne l'a jusqu'ici observée que sur les gaz du groupe de l'argon. Les auteurs ont constaté, au contraire, que l'émanation du radium, mélangée à de l'oxygène, résiste sur des alcalis à l'action prolongée d'une étincelle électrique, le pouvoir de décharge ayant été conservé intact à la suite de ce traitement et la luminosité propre du gaz constituant une preuve optique de sa persistance. Cette émanation peut être traitée à l'égal d'un gaz. Il est possible de la retirer au moyen d'une pompe de Töppler; on la condense dans un tube en U, entouré d'air liquide, et, dans cet état condensé, on la lave au moyen d'un autre gaz qu'il est possible d'éliminer tout à fait au moyen de la pompe. L'avancement de l'émanation d'un point à l'autre des tubes peut être observé par l'œil dans une salle obscure. En ouvrant le robinet qui sépare le tube contenant l'émanation de la pompe, on observe le flux lent à travers un tube capillaire, ainsi que le passage rapide à travers les tubes plus larges, le retard produit par un bouchon de pentoxyde de phosphore et enfin la diffusion subite dans le réservoir de la pompe. Les phénomènes présentés par l'activité excitée qui reste sur le verre après le passage de l'émanation s'observent aussi facilement. L'émanation donne lieu, comme les sels de radium, aux effets chimiques les plus divers. Lorsque l'émanation de 50 milligrammes de bromure de radium est dissoute dans de l'eau et conservée en présence d'oxygène à l'intérieur d'un petit tube de verre au dessus du mercure, elle donne au verre une coloration violette très sensible; en présence d'humidité, le mercure se recouvre d'oxyde rouge, alors que l'effet constaté à l'état sec est tout à fait insensible.

Dans la suite de leurs recherches, les auteurs ont examiné le gaz développé par 20 milligrammes de bromure de radium pur dissous dans l'eau, gaz consistant essentiellement en oxygène et hydrogène, en vue de constater la présence d'hélium, au moyen de mesures spectrales. Ils ont réussi à constater la coïncidence d'une ligne du spectre d'étincelles de ce gaz avec la ligne D_3 de l'hélium, coïncidence établie par la projection simultanée des deux spectres.

L'émanation donnée par 50 milligrammes de bromure de radium a été conduite au moyen d'un courant d'oxygène dans un tube en U, refroidi par l'air liquide et vidé au moyen de la pompe. Après l'avoir lavé avec un peu d'oxygène frais, on a continué à faire jouer la pompe. Or, le tube à vide scellé au tube en U n'a pas donné de traces d'hélium, après que l'air liquide en a été éliminé. Le spectre obtenu est évidemment nouveau; c'est probablement le spectre propre de l'émanation. Comme, cependant, les recherches jusqu'ici faites sont loin d'être complètes, les auteurs se réservent de publier ultérieurement les détails qui s'y rapportent. Après plusieurs jours, au contraire, le spectre de l'hélium s'est présenté, les lignes caractéristiques étant identiques à celles d'un tube à hélium projeté en même temps dans le champ visuel.

§ 4. — Sciences médicales

La pathogénie de la phtisie et la lutte contre la tuberculose. — Au mois de mars de cette année, M. Behring a exposé, devant une société médicale viennoise, ses idées sur la possibilité de vacciner les nourrissons contre la tuberculose en leur donnant du lait provenant de vaches immunisées contre cette affection. Cette idée, il la précise aujourd'hui davantage dans une communication[1] qu'il vient de faire à la Réunion des Naturalistes et Médecins allemands, tenue à Cassel du 25 au 28 septembre. S'appuyant sur des faits d'ordre clinique et expérimental, M. Behring soutient notamment qu'en alimentant pendant quelque temps un nourrisson avec du lait de vache immunisée par des injections intra-veineuses de cultures tuberculeuses atténuées, il devient possible de conférer à l'enfant une immunité plus ou moins durable contre la tuberculose, le vacciner en quelque sorte contre cette affection.

Cette opinion — car M. Behring n'a pas fait d'expériences sur des nourrissons — est appuyée par le savant bactériologiste allemand sur trois ordres de faits que nous allons résumer rapidement :

1° M. Behring part de ce fait que les milliers de tuberculeux qui, tous les ans, succombent à la phtisie ne donnent pas encore la mesure exacte de l'extension de cette maladie. Pour lui, presque chaque individu qui a dépassé l'âge de trente ans possède quelque part, dans son organisme, un foyer tuberculeux latent qui attend l'occasion propice pour évoluer vers la phtisie.

[1] *Physikalische Zeitschrift*, n° 24, p. 651, 1903.

[1] E. von Behring : Ueber Lungenschwindsuchtentstehung und Tuberkulose-bekämpfung. *Deut. med. Wochenschr.*, 24 septembre 1903, n° 39, p. 689.

A l'appui de cette opinion, qui, comme l'on sait, est partagée par un grand nombre de médecins, M. Behring cite tout d'abord une statistique d'autopsies faites par M. Naegeli, à l'Institut anatomo-pathologique de Zurich. Il en résulte que, chez les individus ayant dépassé l'âge de trente ans, et qui ont succombé à une affection quelconque, on trouve toujours un ancien foyer tuberculeux ou, pour employer l'expression de M. Behring, « les signes d'une infection réalisée par le virus tuberculeux ». La fréquence de ces foyers diminue chez les individus plus jeunes et n'est que de 96 % entre dix-huit et trente ans, de 50 % entre quatorze et dix-huit ans, de 33 % entre cinq et quatorze ans, de 17 % entre un et cinq ans. Enfin, chez les enfants n'ayant pas dépassé l'âge de un an, on ne trouve presque jamais des foyers tuberculeux manifestes.

Ces données d'autopsie sont pleinement confirmées par les injections diagnostiques de tuberculine de Koch, faites chez des individus bien portants. Il en est ainsi plus spécialement d'une statistique que cite M. Behring, celle du Dr Franz, médecin militaire autrichien.

M. Franz a fait notamment des injections systématiques de tuberculine, à la dose de 1 à 3 milligrammes, aux soldats d'un régiment d'infanterie. Les soldats de première année ont réagi à ces injections dans une proportion de 61 %, ceux de seconde dans une proportion de 68 %. Et M. Franz ajoute que, d'après les résultats que lui ont donnés un certain nombre d'injections de tuberculine à la dose de 1 centigramme, — dose indiquée au début par M. Koch, — la proportion d'individus âgés de 21 ans et réagissant à la tuberculine, c'est-à-dire ayant un foyer latent de tuberculose, ne serait pas inférieure à 96 %.

Toutefois comme pour les autopsies, une statistique de M. Berend nous apprend que les nourrissons âgés de moins d'un an ne réagissent pas aux injections de tuberculine, même à la dose de 1 centigramme, et que cette réaction fait défaut chez les nourrissons cachectiques, même chez ceux dont les parents sont notoirement tuberculeux.

2° Ainsi donc, les autopsies et les injections de tuberculine sont d'accord pour affirmer que le nourrisson âgé de moins d'un an est, dans l'énorme majorité des cas, épargné par la tuberculose. Et pourtant M. Behring soutient que, presque toujours, pour ne pas dire toujours, la tuberculose cliniquement manifeste de l'enfant et de l'adulte date des premiers mois de la vie, et que cette infection tuberculeuse du nouveau-né et du nourrisson suit la voie digestive, autrement dit se fait par le lait de vache. « Le lait de vache qu'on donne au nourrisson, écrit M. Behring, est la source principale des phtisies qu'on observe chez l'adulte. »

A l'appui de cette conception, M. Behring cite deux ordres de faits. Les uns, basés sur des expériences, concernent la perméabilité de l'intestin chez le nouveau-né, et font comprendre la *possibilité* d'une infection digestive par le bacille de Koch. Les seconds, destinés à prouver la réalité d'une telle infection, ont plutôt un caractère théorique et attendent encore leur vérification expérimentale.

Pour ce qui est de la perméabilité du revêtement épithélial de la muqueuse intestinale chez les animaux en bas âge, M. Behring nous fait connaître les expériences suivantes :

A un animal nouveau-né ou âgé de quelques semaines on fait ingérer une quantité donnée de sérum anti-diphtérique ou antitétanique. L'examen du sang de cet animal, fait quelque temps après, y montre la présence de l'antitoxine. Celle-ci, qui est un corps albuminoïde, a donc été absorbée, c'est-à-dire a traversé le revêtement épithélial de l'intestin sans être modifiée. Or, la même expérience donne un résultat négatif chez les animaux adultes, c'est-à-dire que, chez eux, on ne retrouve pas dans le sang l'antitoxine du sérum administré par la voie stomacale.

La muqueuse intestinale de l'animal nouveau-né est encore perméable aux microbes. Lorsqu'on leur fait ingérer avec les aliments des cultures charbonneuses virulentes, ils succombent au charbon, et l'examen de leur sang, pendant la vie ou après la mort, permet d'y constater la présence de bactéridies. Avec des cultures atténuées, la bactéridie passe également dans le sang, sans que l'animal présente les signes cliniques du charbon. Même résultat, chez des jeunes animaux, avec des cultures tuberculeuses. Ingérées, celles-ci traversent le revêtement épithélial de l'intestin et provoquent la formation de foyers tuberculeux dans l'épiploon. Très souvent, si l'animal est laissé en vie, l'infection tuberculeuse se manifestera cliniquement par une tuberculose des ganglions lymphatiques du cou, analogue à la scrofule de l'homme.

Les mêmes expériences, faites chez les animaux adultes, échouent généralement. Le plus souvent, les animaux adultes auxquels on fait ingérer des cultures charbonneuses ou des cultures tuberculeuses les éliminent avec les matières fécales, sans présenter des symptômes morbides, sans devenir tuberculeux, sans succomber au charbon.

C'est cette perméabilité de l'intestin aux microbes, aux toxines et aux antitoxines qui, suivant M. Behring, explique la très grande mortalité des nourrissons alimentés artificiellement.

Même avec le lait stérilisé, le danger de l'infection digestive n'est pas écarté, quand on prend en considération les multiples occasions de contamination bactérienne depuis le moment où le lait sort des pis de la vache jusqu'au moment où il arrive dans la bouche du nourrisson. Des microbes pathogènes pénètrent donc avec le lait infecté dans le tube digestif du nourrisson, traversent l'épithélium de sa muqueuse intestinale et provoquent, suivant leur nature, telle ou telle maladie infectieuse qui évoluera lentement ou rapidement et se terminera par la guérison ou la mort. Parmi ces microbes, le bacille de la tuberculose tient une place importante. Et c'est justement en nous parlant de l'ubiquité du bacille tuberculeux, de sa fréquence dans les logements habités par des phtisiques, des dangers qui résultent de la cohabitation avec ceux-ci, que M. Behring nous suggère plus qu'il ne démontre la présence très fréquente des bacilles tuberculeux dans le lait destiné aux nourrissons. De cette façon, — et non autrement, — il nous fait comprendre le bien fondé de son hypothèse, à savoir que la phtisie de l'adulte résulte d'une contamination du nourrisson par le lait bacillifère, contamination datant des premiers mois de la vie.

Ce que M. Behring *affirme*, c'est qu'il n'existe pas chez l'homme un seul cas de phtisie « épidémiologique », c'est-à-dire de phtisie due, chez l'adulte, à la pénétration de bacilles tuberculeux venus du dehors. Pour lui, même dans les cas où la phtisie s'est développée à la suite de l'infection tuberculeuse d'une plaie (bouchers, garçons de salles d'autopsie, garçons de laboratoire) ou chez les individus vivant au contact des tuberculeux (infirmiers, médecins, garde-malades), la phtisie résulte toujours de la conflagration d'un ancien foyer tuberculeux pulmonaire, lequel foyer date de la première enfance et n'est devenu envahissant, à un moment donné, que grâce à un ensemble de conditions qui ont amené l'affaiblissement et la résistance de l'organisme. Comme exemple particulièrement probant, M. Behring cite le cas du laryngologiste Schmidt, qui, depuis quarante ans, s'est spécialisé dans le traitement des laryngites tuberculeuses, qui a examiné de près des milliers et des milliers de larynx tuberculeux, et qui, malgré cette possibilité de s'infecter à chaque instant, est resté bien portant et n'est pas devenu tuberculeux.

Mais, s'il en est ainsi, s'il faut croire avec M. Behring que les tuberculoses de l'adulte datent de l'enfance et ont une origine digestive, comment se fait-il que les autopsies de M. Nægeli et les injections de tuberculine de M. Berend aient montré l'absence de foyers tuberculeux justement chez les nourrissons n'ayant pas dépassé l'âge de un an? Voici le seul pas-

sage qui, dans le Mémoire de M. Behring, peut passer, à la rigueur, pour une réponse à cette question :

« La plupart des germes infectieux, écrit-il, provoquent des maladies à évolution rapide, qui se terminent soit par la mort, soit par la guérison avec établissement d'une immunité. Il en est tout autrement du virus tuberculeux, qui, à ce point de vue, offre une analogie frappante avec celui de la lèpre et de la syphilis. Suivant son énergie morbifique, suivant le nombre de bacilles tuberculeux qui pénètrent dans le tube digestif en une fois ou à plusieurs reprises, il peut se passer des mois, des années et des dizaines d'années avant que l'infection aboutisse à une maladie manifeste. Il peut se passer des mois et des années avant que l'infection se traduise, chez l'homme, par une réaction quand on lui injecte la dose habituelle de tuberculine ».

3° La troisième partie du Mémoire de M. Behring est consacrée à la question du vaccin même de la tuberculose.

De nombreuses expériences ont prouvé à M. Behring: 1° que l'injection intra-veineuse de cultures tuberculeuses atténuées confère aux veaux une immunité durable contre la tuberculose ; 2° que le lait des vaches immunisées de la même façon renferme des substances antitoxiques spécifiques, c'est-à-dire antituberculeuses.

M. Behring est convaincu que les injections intra-veineuses de cultures atténuées doivent agir de la même façon chez le nourrisson que chez le veau et conférer à celui-là une immunité durable contre la tuberculose. Bien entendu, il rejette très énergiquement toute idée d'une telle vaccination chez le nourrisson, d'autant plus que l'introduction de bacilles tuberculeux atténués dans les veines d'un animal présente toujours quelque chose de hasardeux. Quand, au lieu de conférer l'immunité, ces injections amènent le développement d'une tuberculose aiguë, la chose est de peu d'importance tant qu'il s'agit d'expériences faites sur des animaux. Que, sur 500 veaux immunisés, un seul succombe à la tuberculose, le dommage, dit M. Behring, est purement pécuniaire et n'a aucune importance. Mais ce raisonnement est inapplicable quand l'enjeu est la vie d'un enfant.

Mais la voie intra-veineuse n'est pas la seule qui puisse être utilisée pour conférer à l'organisme une immunité active par des cultures tuberculeuses atténuées. Mettant à profit la perméabilité particulière de la muqueuse intestinale des animaux jeunes, M. Behring a institué une série d'expériences sur l'immunisation par la voie stomacale, c'est-à-dire par l'*ingestion* des cultures tuberculeuses atténuées. Ces expériences ne sont pas encore terminées. Mais, si elles venaient à donner un résultat positif, on pourrait peut-être essayer cette voie chez le nourrisson.

Un procédé de vaccination qui semble à M. Behring plus mûr, en quelque sorte, et qu'on pourra *bientot* mettre en œuvre chez le nourrisson, consisterait à alimenter celui-ci pendant quelque temps avec du lait provenant de vaches immunisées contre la tuberculose. Les expériences sur des veaux ont notamment montré que l'administration d'un tel lait confère effectivement une immunité contre la tuberculose, mais que cette immunité est de courte durée. On pourrait, du reste, parer à cet inconvénient en additionnant le lait antitoxique de cultures tuberculeuses atténuées.

Toutefois, ce ne sont encore, en ce qui concerne la vaccination du nourrisson, que des vues theoriques, des « espérances ». Du reste, M. Behring déclare, en toutes lettres, qu'avant de procéder aux essais d'immunisation des nourrissons, il faut attendre que les expériences sur les animaux soient complètement terminées.

Il est facile de comprendre les conclusions que M. Behring tire de ces faits au point de vue de la lutte contre la tuberculose.

Etant donné que la tuberculose de l'adulte date d'une infection ayant eu lieu pendant les premiers mois de la vie, la vaccination du nourrisson par le lait antitoxique, additionné ou non de cultures tuberculeuses atténuées, doit rendre l'organisme réfractaire aux atteintes éventuelles du bacille de Koch. Celui-ci n'ayant plus de prise sur l'organisme du nouveau-né, l'adulte se trouvera, par là, garanti contre l'infection tuberculeuse ultérieure au même titre qu'il est préservé de la variole par le vaccin de génisse.

Dr R. Romme,
Préparateur à la Faculté de Médecine de Paris.

§ 5. — Enseignement

Les programmes d'admission aux grandes Ecoles. — La *Revue* a parlé récemment du Rapport de M. Liard, vice-recteur de l'Académie de Paris, dans lequel étaient exposés les fâcheux effets qu'ont, pour l'éducation scientifique et l'éducation pratique, les programmes d'admission à l'Ecole Polytechnique tels qu'ils sont conçus, et le mode d'examen tel qu'il est pratiqué. On sait que le Conseil Académique et le Conseil de l'Université de Paris émirent le vœu qu'il fût fait, pour la classe de Mathématiques spéciales, un programme d'enseignement délibéré en Conseil supérieur de l'Instruction publique, et que ce programme fût pris comme base de l'examen d'admission à l'Ecole Polytechnique.

Cette importante question a été examinée par le Gouvernement, qui a décidé de la généraliser, en étendant l'étude demandée à toutes les classes des lycées qui sont une préparation directe aux Ecoles du Gouvernement. Seule, l'Ecole navale n'est pas en cause, car depuis deux ans le programme d'admission à cette école est le programme de la classe de Mathématiques élémentaires. Il a été décidé qu'une Commission, composée de représentants des divers ministères, serait chargée de cette étude et qu'elle commencerait ses travaux dès le mois d'octobre.

En conséquence, le Ministre de l'Instruction publique vient d'instituer la Commission chargée de préparer, pour les classes de Mathématiques spéciales et de Mathématiques élémentaires des lycées et collèges, des programmes d'enseignement devant servir en même temps de programmes pour les examens d'entrée à l'Ecole Polytechnique, à l'Ecole Normale Supérieure (section des Sciences), à l'Ecole nationale des Mines, à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, à l'Ecole spéciale militaire de Saint-Cyr et à l'Institut National Agronomique.

Cette Commission sera présidée par M. Berthelot, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. Elle comprend quatorze délégués du Ministère de l'Instruction publique, six délégués du Ministère de la Guerre, quatre délégués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, deux délégués du Ministère de l'Agriculture.

La question que cette Commission aura à examiner avant le Conseil supérieur de l'Instruction publique est des plus importantes pour la direction des études scientifiques en France, et l'on ne saurait trop féliciter le Conseil Académique et le Conseil de l'Université de Paris de l'avoir abordée et posée.

Ecole Normale Supérieure. — Sont nommés élèves de l'Ecole Normale Supérieure (*section des Sciences*) dans l'ordre de mérite suivant :

MM. Darmois, Jourdain, Normandin, Sève, Monfraix, Blondel, Petit, Boitel, Portalier, Chancenotte, Leblanc, Sérard, Scotto di Veltimo, Paucot, Giltay, Le Besnerais et Lerouge.

Université de Besançon. — Il vient d'être créé, à l'Université de Besançon, un *diplôme d'Electricité appliquée*, un *brevet d'Œnologie* et un *diplôme supérieur d'Etudes Œnologiques*.

L'ÉTAT ACTUEL DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Les progrès de la télégraphie sans fil ont été si rapides, et les renseignements publiés sur les expériences ont parfois été si contradictoires qu'il est difficile aux gens non initiés de se rendre un compte exact de l'état actuel de la question.

Il paraît intéressant de jeter un coup d'œil d'ensemble sur le développement de cette toute récente application de l'électricité et d'examiner comment les différentes étapes ont été franchies.

Indépendamment de l'intérêt que présente la télégraphie sans fil par les résultats qu'elle a permis d'obtenir, grâce aux perfectionnements successifs apportés, soit aux appareils, soit au mode opératoire, elle en a un autre, peut-être encore plus considérable. C'est qu'elle a suscité de nombreux travaux qui ont contribué à élargir le champ de nos connaissances sur les diverses circonstances de la propagation des ondes électriques.

Tant que l'on n'a eu la notion de l'existence des ondes électriques que par de délicates expériences de laboratoire, cette nouvelle conception des phénomènes électriques paraissait, aux yeux même du public éclairé, devoir rester dans le domaine de la spéculation pure et revêtir un caractère plutôt hypothétique.

La télégraphie sans fil a fourni de la propagation des ondes électriques une illustration saisissante. Par une naturelle illusion, on s'imagine aisément avoir pénétré plus facilement le mécanisme des phénomènes, les comprendre mieux en un mot, lorsqu'on les voit se traduire d'une manière concrète.

En fait, si la télégraphie sans fil repose bien sur l'application des ondes électriques, cette application n'est devenue possible que grâce aux merveilleuses propriétés du cohéreur.

Or, ces propriétés à elles seules constituent un phénomène nouveau, encore bien obscur et indépendant en soi de la théorie de la propagation des ondes. D'ailleurs, si les effets des ondes électriques ont pu être décelés à des distances se chiffrant par des centaines de kilomètres, ce n'est pas surtout, comme on serait tenté de le croire, parce qu'on a appris à les produire avec une plus grande intensité qu'au début, mais à cause de l'excessive sensibilité du détecteur, que rien ne pouvait faire prévoir.

Les phénomènes que la théorie avait prévus, et que l'observation a vérifiés, n'ont présenté les caractères de netteté et de simplicité qui ont permis de les mettre en évidence que parce que, à l'époque où l'étude en a été faite, on ne disposait que de moyens d'investigation relativement grossiers.

A mesure que les procédés d'observation se perfectionnent, la complexité réelle des détails apparaît sous l'apparente simplicité de l'ensemble. Cette complexité est due ici, et à l'extrême sensibilité du détecteur, et aux facteurs nouveaux qu'il introduit dans l'interprétation du phénomène qu'il décèle.

Bien que les principes sur lesquels reposent les procédés de la télégraphie sans fil, ou par ondes hertziennes, aient été déjà décrits dans la *Revue*, nous les rappellerons brièvement, afin de permettre de suivre plus aisément les diverses modifications qui ont été apportées aux dispositifs primitifs.

I. — Ondes électriques.

On sait que c'est au physicien Hertz que revient l'honneur d'avoir apporté le premier une confirmation éclatante aux idées de Maxwell en démontrant expérimentalement que la transmission des effets d'induction n'est pas instantanée. Il résulte de là que la transmission de ces effets d'induction doit s'effectuer de proche en proche, dans le milieu diélectrique, de la même manière que la transmission de la lumière dans les milieux transparents, c'est-à-dire par ondes.

On a pu, en effet, mettre en évidence l'existence d'ondes électriques capables de se réfléchir, de se réfracter, d'interférer, comme les ondes lumineuses.

De même que la production d'ondes lumineuses nécessite l'emploi d'une source incandescente capable de les émettre, la production d'ondes électriques exige l'intervention d'une source spéciale.

Cette source d'émission d'ondes électriques est l'oscillateur. Sous sa forme la plus simple, l'oscillateur de Hertz (fig. 1) se compose de deux capacités,

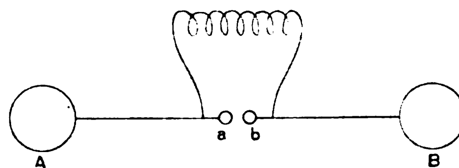


Fig. 1. — *Oscillateur de Hertz.* — A, B, sphères métalliques (ou plaques) formant capacités; *a*, *b*, boules entre lesquelles éclate l'étincelle.

constituées par des sphères ou des plaques métalliques, réunies l'une à l'autre par un conducteur rectiligne. Un intervalle est ménagé au milieu de ce conducteur, et chacune des moitiés de l'appareil symétrique ainsi obtenu est reliée à l'un des pôles d'une bobine de Rhumkorff. Lorsque la bobine fonctionne, les capacités A et B se chargent et prennent

des potentiels égaux et de signe contraire. Quand la différence des potentiels devient suffisante, une étincelle éclate entre les boules *a* et *b* dans la coupure et la décharge se produit.

Si l'appareil satisfait à certaines conditions, assez complexes d'ailleurs (distance convenable des boules *a* et *b*, conditions de poli des surfaces, etc.), la décharge est *oscillante*.

Le phénomène est comparable à celui qui se produit lorsqu'on écarte un ressort ou un pendule de sa position d'équilibre et qu'on l'abandonne à lui-même. Le ressort ou le pendule dépassent leur position d'équilibre en vertu de l'inertie et continuent à osciller.

Dans le cas de l'oscillation électrique, c'est la self-induction qui joue le rôle de l'inertie.

Quant à l'étincelle qui éclate à la coupure, entre *a* et *b*, c'est elle qui produit le *déclanchement* brusque du système et permet aux oscillations de se produire. Il faut que ce déclanchement soit extrêmement brusque, car sa durée doit être très courte par rapport à la durée d'une oscillation, sinon l'oscillation ne pourra avoir lieu. Or, le calcul indique que la durée d'une oscillation, ou la *période*, est d'autant plus faible que la capacité et la self-induction sont plus petites.

La capacité et la self-induction étaient déjà très réduites dans l'oscillateur de Hertz, qui permettait d'obtenir 50 millions de vibrations par seconde.

En les réduisant davantage, Righi a construit un oscillateur, dont il sera question plus loin (car c'est celui dont s'est servi d'abord M. Marconi) qui permet d'en obtenir 3 milliards. Depuis, on est arrivé à accroître encore la fréquence. Les oscillateurs utilisés par Bose et Lebedew ne donnent pas moins de 50 milliards d'oscillations par seconde.

Tandis que se produisent les oscillations de la décharge, les conducteurs A*a* et B*b* deviennent le siège de courants alternatifs de très haute fréquence, capables de provoquer des effets énergiques d'induction sur les circuits voisins.

Pour mettre en évidence les phénomènes d'induction provoqués par les ondes électriques, c'est-à-dire pour déceler ces ondes, Hertz se servait d'un cercle de cuivre présentant une coupure ou interruption très étroite. En donnant à ce cercle conducteur des dimensions convenables, on peut arriver à *l'accorder* avec l'oscillateur.

Placé dans le champ, il devient alors le siège de courants induits de même fréquence que ceux auxquels la décharge oscillante a donné naissance dans l'oscillateur, et un flux d'étincelles (très petites) se produit à la coupure. L'appareil vibre à l'unisson de l'oscillateur, comme une corde vibrante qui reçoit les ondes sonores d'un diapason synchrone : on lui a donné le nom de *résonateur*.

D'ailleurs, pour que les étincelles puissent éclater, il ne suffit pas que le résonateur vibre; il faut encore que l'interruption ne soit pas trop grande. Aussi munit-on l'appareil d'une *vis micrométrique* pour être en mesure de régler la distance qui sépare les extrémités en regard.

C'est ce procédé d'observation des étincelles du résonateur, plus ou moins modifié, qui a été employé par les divers expérimentateurs qui ont poursuivi les recherches de Hertz. Il est peu délicat et permet à grand'peine de déceler les ondes électriques à plus d'une trentaine de mètres de l'oscillateur; encore l'observation des étincelles du résonateur, étincelles qui atteignent à peine un centième de millimètre de longueur, est-elle fort laborieuse.

En dépit de ses imperfections, c'est ce procédé qui a permis d'étudier la propagation des ondes électriques dans l'air et d'établir qu'elles jouissent des mêmes propriétés que les ondes lumineuses.

II. — Principe et historique de la télégraphie sans fil.

M. Branly a découvert un appareil beaucoup plus sensible que le résonateur pour déceler les ondes électriques.

En étudiant la conductibilité des limailles métalliques, M. Branly reconnut (en 1890) qu'une mince couche de limaille, intercalée entre deux électrodes conductrices, présente en général une résistance considérable, parfois presque infinie, mais que cette résistance tombe brusquement à une valeur de quelques ohms si l'on provoque dans le voisinage immédiat une décharge électrique de caractère oscillatoire.

Pour mettre le fait en évidence, il suffit de former un circuit comprenant un élément de pile, un galvanoscope, et l'appareil à limaille, auquel M. Branly a donné le nom de *radio-conducteur*.

Sous sa forme la plus simple, ce *radio-conducteur* est un tube de matière isolante (de verre en général), qui contient deux bouchons, ou électrodes conductrices, entre lesquelles se trouve intercalée une petite quantité de limaille métallique.

Lorsque le système reçoit une onde électrique, la résistance de la limaille éprouve une chute brusque, et le galvanoscope indique par sa déviation le passage du courant.

La limaille reste conductrice après avoir été impressionnée, c'est-à-dire *qu'en général* l'effet est permanent. Pour la ramener à l'état primitif, il suffit de donner au tube un léger choc mécanique. L'appareil devient alors susceptible d'être utilisé de nouveau.

M. Minchin (1894), M. Lodge (1894) poursui-

virent des recherches analogues à celles de M. Branly, et les étendirent. M. Lodge, notamment, se servit du tube à limaille pour actionner une sonnerie par l'intermédiaire d'un relais et fit l'expérience dans une salle de laboratoire. Guidé par certaines considérations théoriques, qui paraissent d'ailleurs devoir être abandonnées, il donna à l'appareil le nom de *cohéreur*, qui a généralement été adopté.

En l'absence d'une explication complète du phénomène découvert par M. Branly, explication que l'on ne paraît pas posséder encore, il serait plus prudent de laisser au tube à limaille le nom de *radio-conducteur* qu'avait proposé M. Branly et qui ne préjuge rien du mode d'action des ondes.

M. Lodge avait soupçonné la merveilleuse sensibilité du tube à limaille et en avait fait usage

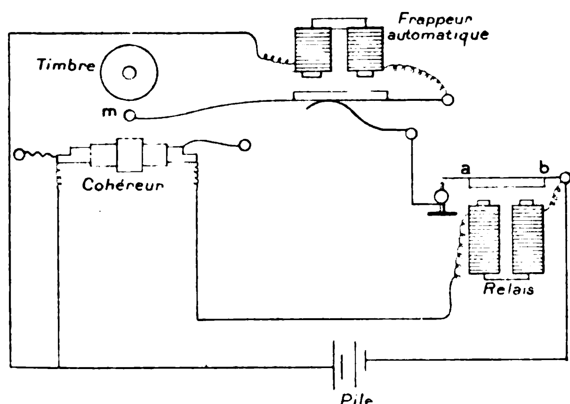


Fig. 2. — *Récepteur Popoff.* — Quand le cohéreur est impressionné, sa résistance diminue. Le courant de la pile passe dans l'électro du relais, attire l'armature *ab* et ferme le contact *a*; le courant passe alors dans l'électro du frappeur et commande le marteau *m*, qui vient ébranler le cohéreur et lui rendre sa résistance primitive.

pour démontrer le caractère oscillatoire des décharges atmosphériques.

M. Popoff, professeur à l'École navale de Cronstadt, utilisa d'abord pour cet objet un cohéreur auquel il avait donné une forme un peu différente (fig. 2). Il imagina de munir l'appareil d'un frappeur automatique, mis en mouvement par le courant même qui parcourt le cohéreur (placé dans le circuit d'une pile) lorsque l'onde électrique vient l'impressionner. En même temps que le marteau *m* du frappeur communiquait au cohéreur les chocs mécaniques destinés à assurer son retour à la résistance primitive, il venait ébranler un timbre de sonnerie et produire un signal sonore.

C'est M. Popoff qui semble avoir eu le premier l'idée d'utiliser un pareil dispositif pour obtenir des communications à distance (1895).

On conçoit que l'on puisse obtenir ainsi à distance des signaux *longs* ou *brefs* en produisant, à l'aide d'un oscillateur, des séries d'émissions *longues* ou *brèves*.

M. Popoff observa qu'en munissant l'une des bornes de l'oscillateur d'une tige verticale isolée, on pouvait obtenir l'impression du tube beaucoup plus loin, et il exécuta, en collaboration avec M. Narkévitsch Jodko, des expériences de transmission de signaux par ondes électriques à faible distance (1.500 mètres).

En 1896 et 1897, M. Marconi, alors étudiant à l'Université de Bologne, entreprit, sans peut-être avoir connaissance des travaux de Popoff, qui n'avaient eu qu'une publicité restreinte, des essais de communications par ondes hertziennes. Les dispositifs qu'il employait étaient semblables à ceux de M. Popoff et reposaient sur les mêmes principes.

Le poste transmetteur de M. Marconi comprenait une bobine d'induction et un oscillateur Righi. Cet oscillateur (fig. 3) est constitué par un système de deux sphères métalliques A et B, d'une dizaine de centimètres de diamètre, plongées dans un liquide diélectrique d'une grande rigidité électrostatique, l'huile de vaseline. L'excitation s'obtient en reliant deux boules plus petites *a*, *b*, isolées des sphères centrales, aux pôles d'une bobine d'induction. L'une des sphères, A, était reliée à un conducteur vertical isolé de longueur plus ou moins grande, muni, à la partie supérieure, d'une grande plaque métallique ou d'un cylindre : ce conducteur a reçu le nom d'*antenne*. L'autre boule, B, était reliée à une capacité généralement disposée sous forme de plaque ou, *à défaut*, reliée au sol.

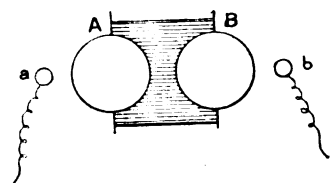


Fig. 3. — *Oscillateur Righi.* — A, B, sphères métalliques engagées dans un manchon de verre plein d'huile de vaseline; *a*, *b*, boules isolées mises en relation avec les pôles d'une bobine d'induction.

Le poste récepteur se composait essentiellement d'un cohéreur placé dans le circuit d'un élément de pile et d'un relais. L'armature de ce relais ferme le courant d'une pile locale simultanément sur l'électro d'une sonnerie à trembleur, dont le marteau vient frapper sur le tube, et sur l'électro d'un récepteur Morse; les électros du frappeur et du Morse sont reliés en parallèle.

L'une des extrémités du cohéreur était reliée à une antenne réceptrice identique à l'antenne d'émission, l'autre extrémité était reliée à une capacité ou à la terre.

On reconnaît là tous les organes du système Popoff; mais M. Marconi a su les amener à un

grand état de perfection, car non seulement il a obtenu le premier des distances de transmission considérables, mais, en lui faisant subir d'heureuses modifications, il a franchi des distances bien supérieures à celles qu'ont pu atteindre, après lui, les expérimentateurs qui ont poursuivi les mêmes recherches.

Après une série d'expériences effectuées en Angleterre, avec le concours du Post-Office, les brevets de M. Marconi furent acquis par une société (la Wireless Telegraph and Signal C°), qui, sous la direction de l'inventeur, poursuivit les essais dans l'objet d'en faire une exploitation industrielle.

Les renseignements que l'on possédait sur les dispositifs employés par M. Marconi et les expériences exécutées sont longtemps restés assez vagues et parfois obscurs à dessein.

Aussi plusieurs expérimentateurs poursuivirent-ils des essais parallèles dans le but de reconstituer le système de Marconi et de vérifier ses assertions. En Allemagne, M. Slaby, professeur à Charlottenbourg, en France, M. Blondel, M. Voisenat, M. Ducretet réussirent à obtenir des communications à distances modérées en se servant de dispositifs analogues à ceux de Popoff.

Nous poursuivions à la même époque (1898) des recherches du même genre et réussissions à établir en 1899 un service régulier de communications entre l'île d'Ouessant et le littoral (22 kilom.). Ce service, qui n'a cessé de fonctionner régulièrement depuis cette époque, est, croyons-nous, le premier qui ait été établi en France.

Tandis que se poursuivaient nos expériences, M. Marconi, qui avait obtenu l'autorisation d'installer une station à Wimereux, échangeait des communications avec South-Fouland (à 46 kilomètres) et avec le bâtiment *la Vienne* (à 48 kilomètres). La limite extrême des communications que nous pouvions obtenir à cette époque était de 42 kilomètres (île d'Ouessant-île Vierge).

En 1900, nous pûmes poursuivre les essais à bord des bâtiments de guerre[1] et obtenir des communications courantes à des distances de 60 et 80 kilomètres.

Jusqu'en 1900, les distances franchies à l'étranger demeurèrent inférieures à 100 kilomètres. Il convient de citer particulièrement : en Allemagne, M. Slaby, dont les dispositifs, installés sur les bâtiments de la marine impériale, permettaient d'obtenir une cinquantaine de kilomètres, et M. Braun, qui relia l'île de Borkum à un bateau feu (40 kilom.) et le port de Cuxhaven à Heligoland (62 kilom.); en Russie, M. Popoff, qui, substituant au cohéreur un système *auto-décohérent*, établissait des communications entre l'île de Hogland et Kotka (52 kilom.). MM. Slaby et Braun avaient apporté d'importantes modifications au dispositif primitif pour mettre en jeu les phénomènes de résonance, et imaginé des systèmes *syntonisés* fort intéressants sur lesquels nous reviendrons.

En appliquant des principes analogues, M. Marconi franchit des distances de 136 kilomètres en 1900 (entre les bâtiments anglais *Juno* et *Europa*), puis de 167 kilomètres entre la Corse et Antibes (Biot-Calvi), et de 300 kilomètres entre le cap Lizard et Poole (1901).

Des résultats intéressants étaient aussi obtenus en Italie par le capitaine de corvette Bonomo, qui arrivait à accroître notablement les distances des communications que permettaient d'atteindre les postes italiens pourvus de dispositifs Marconi, en substituant au cohéreur un *auto-décohérent* très sensible et fort ingénieux, imaginé par M. Castelli, sous-officier de la marine italienne. Les portées des postes italiens, qui atteignaient à peine 60 kilomètres en 1900, furent accrues jusqu'à 200 kilomètres (île Giglio et Palmaria, 1901).

Enfin, en 1902 et 1903, M. Marconi a entrepris une série d'expériences retentissantes à l'aide de dispositifs permettant de mettre en jeu une quantité d'énergie incomparablement plus grande que celle qui avait été utilisée jusque-là. La station extra-puissante de Poldhu (près du cap Lizard) put envoyer des messages au cuirassé italien *Carlo-Alberto* en pleine Méditerranée, à 1.500 kilomètres du poste d'émission.

La « Wireless Company » a même annoncé depuis qu'il avait été possible d'échanger des communications entre cette station de Poldhu et un poste identique établi au Cap Breton (Nouvelle-Ecosse).

Bien qu'il y ait certaines réserves à faire au sujet de la sécurité des communications, et que la Compagnie ne paraisse pas encore en mesure de se livrer à l'exploitation du système, le succès des communications transatlantiques doit être considéré comme hors de doute. A part cette tentative, qui paraît plus intéressante au point de vue spéculatif que pratique, on s'est plutôt attaché dans les différents pays à perfectionner les dispositifs primitifs pour assurer les communications dans un rayon restreint qu'à réaliser d'énormes distances.

En France, notamment, M. le capitaine Ferrié, après avoir exécuté sur le littoral une série d'expériences méthodiques qui lui ont permis d'atteindre 240 kilomètres (phare de Belle-Isle et phare de la Coubre), a organisé un service régulier de communications entre la Martinique et la Guadeloupe (175 kilomètres).

D'autre part, les essais ont été poursuivis dans

[1] Avec la collaboration de M. le lieutenant de vaisseau Jéhenne.

la marine de guerre, et nos bâtiments se trouvent actuellement en mesure d'échanger des communications, soit entre eux, soit avec les postes du littoral, à des distances de 100 et 150 milles.

C'est ainsi que nous avons pu, au début de l'année, échanger des messages entre le poste du Raz et un poste de l'Eastern Telegraph Company, établi à Porthcurnow (300 kilomètres).

Le dispositif primitif de Marconi, plus ou moins perfectionné dans les détails, est encore utilisé dans nombre d'installations pratiques. D'ailleurs, il est indispensable de l'étudier pour comprendre les modifications qui lui ont été apportées.

Tout d'abord, on a reconnu qu'il y avait avantage à faire éclater l'étincelle dans l'air, et l'on a supprimé l'oscillateur Righi, qui a été remplacé par un simple éclateur. On a vu aussi qu'il était toujours préférable de relier l'excitateur à la terre, et les plaques placées au sommet des antennes ont généralement été jugées encombrantes et inutiles.

Il en est résulté un système de transmission, que l'on peut appeler « système direct », lequel est caractérisé par ce fait qu'un conducteur vertical isolé est mis en relation avec l'une des boules de l'oscillateur, l'autre boule étant reliée à la terre.

III. — Mécanisme de la transmission.

Deux explications ont été proposées pour rendre compte de la manière dont fonctionne le transmetteur.

Selon l'une d'elles, l'oscillateur vibrerait comme s'il était indépendant, et l'antenne aurait simplement pour rôle de propager les ondes de périodes très courtes ayant pris naissance dans l'oscillateur.

Selon l'autre, on devrait considérer comme faisant partie de l'oscillateur le système complexe constitué par l'éclateur, l'antenne et la terre, ce qui fait que les ondes émises seraient beaucoup plus longues.

Les mesures que nous avons opérées, en photographiant directement l'étincelle dissociée par un miroir animé d'un mouvement de rotation rapide (500 tours par seconde), montrent que c'est la seconde explication qui est exacte. Le transmetteur émet des ondes longues, et l'expérience indique que la longueur des ondes émises est très sensiblement égale à quatre fois la longueur de l'antenne, quel que soit le diamètre de cette antenne. Ce résultat est d'accord avec ceux qui ont été obtenus par une voie différente par M. Slaby.

D'ailleurs, la valeur de la période — dans ce système direct — n'exerce qu'une minime influence sur la transmission. L'amortissement est, en effet, si considérable avec un pareil *oscillateur ouvert* que les phénomènes de résonance multiple prennent une importance capitale. Le procédé du miroir tournant est particulièrement précieux pour l'étude de l'amortissement.

Chacune des étincelles fixées sur l'épreuve apparaît sous la forme d'une traînée estompée plus ou moins longue, qui va en diminuant de largeur en même temps que d'intensité.

Cette bande est coupée transversalement de traits ou franges parallèles qui constituent les images successives de la décharge et en indiquent le caractère oscillatoire. La distance de deux franges voisines permet d'obtenir la valeur de la période. Quant à l'amortissement, il se traduit par la décroissance plus ou moins rapide de l'intensité des franges et par la réduction plus ou moins considérable de la longueur de la traînée.

Dans l'emploi du système direct, c'est à peine si l'on peut, avec les précautions les plus minutieuses, faire apparaître sur l'épreuve plus de trois à quatre étincelles, tandis qu'avec les systèmes indirects (dont il sera question plus loin) on en obtient aisément plus d'une douzaine.

Toutes les circonstances qui accroissent la proportion d'énergie radiée par l'antenne augmentent en même temps la valeur de l'amortissement. De la sorte, on constate que la qualité de la transmission est intimement liée à cette valeur de l'amortissement, les portées les plus grandes correspondant aux conditions qui assurent les amortissements les plus forts.

La principale de ces conditions paraît être la mise à la terre, par un conducteur de large surface, de la boule de l'éclateur non reliée à l'antenne.

Cette condition est très importante et les portées se trouvent notablement réduites lorsqu'elle n'est pas rigoureusement observée.

Ainsi, le rôle de la mise à la terre ne serait pas seulement d'accroître la capacité du système, mais encore de concentrer dans le front de l'onde la majeure portion de l'énergie rayonnée.

Quant au rôle de l'antenne, il est complexe.

L'antenne accroît la capacité de l'oscillateur dans des proportions notablement plus grandes que celles qui résulteraient de la valeur de sa simple capacité électrostatique. Elle a pour effet de multiplier les points de contact avec le diélectrique, ou, si l'on veut, de rendre l'oscillateur *très ouvert*, c'est-à-dire susceptible de rayonner beaucoup.

Enfin, elle polarise la vibration électrique dans le plan horizontal, ce qui a pour effet de rendre la portion d'énergie rayonnée horizontalement plus grande qu'elle ne le serait en l'absence de polarisation, et de réduire l'absorption due aux surfaces conductrices du sol et de la mer. Cet effet, dû à la

polarisation des ondes émises, explique bien comment il se fait que les transmissions soient beaucoup plus aisées sur mer, c'est-à-dire sur une étendue parfaitement horizontale, que sur terre.

D'ailleurs, en raison de la notable longueur des ondes, les phénomènes de diffraction prennent une grande importance, de sorte que ce qui, pour les ondes lumineuses, constitue en quelque sorte l'accident devient, pour les ondes électriques, le phénomène principal. Aussi les ondes électriques sont-elles susceptibles de contourner des obstacles considérables, d'importants massifs de terrains par exemple, et arrive-t-on aisément à faire communiquer deux stations qui ne se trouvent pas en vue l'une de l'autre.

Pour la même raison, le brouillard, qui arrête les

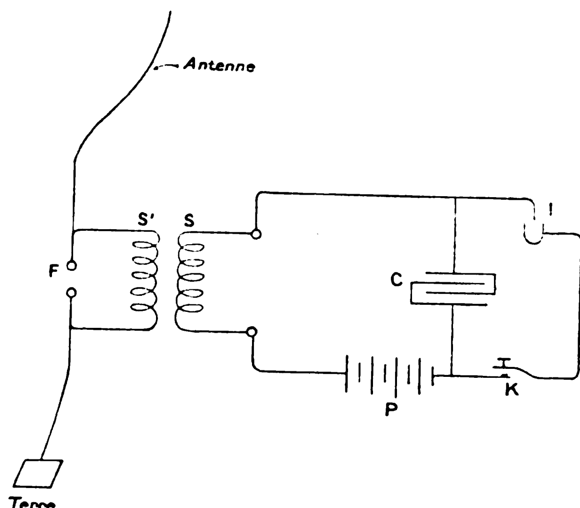


Fig. 4. — *Schéma de la transmission (système direct).* — F, éclateur relié au secondaire S' de la bobine d'induction; S, primaire de cette bobine; P, batterie d'accumulateurs; I, interrupteur de la bobine, commandé en général par une source auxiliaire; K, clef de manipulation; C, condensateur en dérivation sur l'interrupteur et la clef de manipulation. L'antenne est reliée directement à l'une des boules de l'éclateur; l'autre boule est reliée à la terre.

ondes très courtes de la lumière, ne cause nullement d'obstacle à la transmission des signaux par ondes électriques. On conçoit que cette circonstance soit de nature à rendre particulièrement précieux sur mer ce mode de communication.

Les distances de transmission croissent en même temps que les longueurs des antennes d'émission et de réception; mais, même en supposant qu'on leur donne des longueurs toujours égales, on ne peut établir aucune relation simple entre les distances franchies et les longueurs d'antennes. On doit remarquer que la variation de longueur de l'antenne d'émission entraîne une variation simultanée de capacité et de période.

En revanche, si l'on compare les distances de transmission obtenues dans des conditions bien déterminées et aussi identiques que possible avec des étincelles de longueurs différentes, on trouve que ces distances sont très sensiblement proportionnelles *aux carrés des potentiels explosifs de la décharge* (à condition qu'elle reste oscillante). Les portées obtenues sont donc vraisemblablement en rapport de l'énergie mise en jeu à l'émission.

Ces considérations conduisent à l'emploi de bobines puissantes et présentant une grande capacité au secondaire, de manière à ce que la distance explosive ne subisse qu'une faible diminution lors de la mise en relation avec l'antenne et la terre.

M. Marconi employait au début une bobine de 35 centimètres d'étincelle (bobine de Apps). Mais, dans ses expériences de Corse, il associait deux bobines ensemble en réunissant les primaires en série et les secondaires en parallèle.

M. Slaby emploie les bobines de l'A. E. G., de 50 centimètres à 60 centimètres d'étincelle, et M. Braun celles de la maison Siemens et Halske, dont les types figuraient à l'Exposition de 1900.

En France, on se sert généralement de la bobine Rochefort, que nous avons personnellement étudiée et dont nous avons mis les qualités en lumière.

Cette bobine, qui est très robuste, fonctionne sous les voltages industriels et, pour une dépense de 3 à 400 watts au primaire, permet d'obtenir une étincelle oscillante de 5 à 6 centimètres de longueur entre les boules de l'éclateur mises en relation avec l'antenne et la terre.

Dans les dispositifs primitivement employés, l'antenne était constituée par un simple conducteur vertical suspendu à un isolateur. M. Marconi avait tout d'abord préconisé l'emploi de larges plaques métalliques placées au sommet de l'antenne. Mais les différents expérimentateurs n'ont pas conservé ce dispositif, qui paraît n'offrir aucun avantage sérieux et expose à de multiples inconvénients.

Nous avons obtenu de meilleurs résultats en constituant l'antenne dans toute sa longueur par une large surface, une bande de toile métallique par exemple.

Une semblable disposition présente, d'ailleurs, de tels inconvénients qu'elle est pratiquement inacceptable, tant à cause de la prise au vent que de la difficulté d'assurer les isolements.

Une solution meilleure et pratiquement équivalente consiste à faire usage d'antennes multiples.

L'antenne est constituée par un certain nombre de conducteurs parallèles, quatre à huit par exemple, qui se trouvent reliés entre eux en haut et en bas. Des croisillons de bois les maintiennent à une distance invariable, qui est généralement portée à 1 mètre. Bien que le dispositif n'accroisse pas beaucoup la capacité électrostatique du système, ainsi que nous l'avons constaté par des mesures

directes, la capacité *efficace* se trouve notablement augmentée.

L'énergie mise en jeu — à égalité de distance explosive — est donc plus considérable qu'avec l'antenne simple.

L'expérience paraît montrer aussi que l'amortissement devient plus considérable. L'effet obtenu serait donc de même nature que celui dont nous avons parlé au sujet du rôle de la mise à la terre.

Ce dispositif d'antennes multiples, qui paraît avoir été d'abord systématiquement employé par M. Slaby, a généralement été adopté, soit dans le système direct, soit dans les systèmes indirects dont nous parlerons plus loin.

Indépendamment de toute question de résonance, il faut tout d'abord réaliser les conditions qui assurent à l'énergie radiée la valeur maxima.

L'expérience seule peut indiquer la meilleure forme à adopter selon la disposition du poste d'émission. Pour obtenir la comparaison des quantités totales d'énergie rayonnée par des antennes de différentes formes, nous nous sommes servi avec avantage du procédé suivant. Il consiste à évaluer, d'une part, l'énergie totale fournie au système, d'autre part, l'énergie thermique dépensée dans l'étincelle, en la faisant éclater dans un manchon à double parois, dont l'enceinte extérieure, reliée à un manoscope sensible, constitue une sorte de calorimètre. Le procédé, qui est surtout applicable aux systèmes indirects, conduit aux mêmes résultats généraux que ceux que fournit l'étude directe de l'amortissement (par examen des étincelles dissociées) et confirme les conclusions que M. le capitaine Ferrié a tirées de récentes expériences.

D'une manière générale, on peut définir les conditions de meilleur rendement en disant que ce sont celles qui donnent à l'intensité la plus grande valeur dans les portions supérieures de l'antenne.

On conçoit, en effet, que ce qui importe, c'est d'obtenir non seulement le rayonnement total le plus fort, mais le rayonnement le plus *efficace* possible.

Or, la partie la plus efficace de l'antenne au point de vue de l'émission à grande distance paraît être la portion supérieure (mais non pas, d'ailleurs, l'extrémité). Avec une antenne filiforme, c'est aux régions supérieures que l'intensité est le plus faible ; ce sont donc ces portions qui se trouvent émettre relativement la moindre quantité d'énergie.

On doit donc améliorer les conditions d'émission en modifiant la forme de l'antenne de manière à accroître l'intensité vers le haut.

Nous verrons plus loin comment M. Marconi a obtenu ce résultat au poste de Poldhu par l'adoption d'antennes multiples en forme de rideaux à branches divergentes vers la partie supérieure.

On réalise des conditions analogues en accroissant la longueur de l'antenne (pour une hauteur déterminée) et constituant la portion supérieure, qui se trouve alors plus ou moins inclinée sur la verticale, de plusieurs branches.

Quelle que soit la disposition adoptée pour l'antenne, il est de toute nécessité d'assurer avec le plus grand soin son isolement.

Très simple en principe, cette condition ne laisse pas que d'être assez délicate à réaliser avec les hautes tensions utilisées, surtout lorsque les appareils se trouvent placés dans des postes établis sur une côte battue par les vents humides du large.

Dans les premières expériences de télégraphie sans fil, on se contentait de suspendre les antennes à de simples tiges d'ébonite. Ce dispositif est devenu tout à fait insuffisant lorsqu'il s'est agi d'établir des stations permanentes, capables d'assurer par tous les temps des communications régulières.

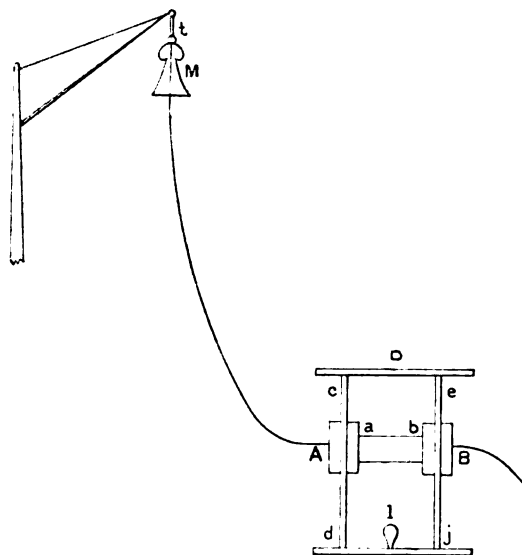


Fig. 5. — *Isolement de l'antenne d'émission.* — D, châssis fermé par deux glaces planes et épaisses *cd*, *ej*, percées de trous pour livrer passage au tube d'ébonite *ab* ; AB, tige métallique engagée dane l'axe du tube d'ébonite *ab*. Le tube *ab* est fileté extérieurement et fixé aux glaces par de larges écrous d'ébonite. L'antenne est reliée en A, la boule de l'éclateur en B. M, cloche d'isolateur spécial à huile lourde ; *t*, tige d'ébonite de l'isolateur.

Un dispositif qui nous a toujours donné d'excellents résultats consiste à assurer l'isolement à l'aide de glaces maintenues chaudes (fig. 5).

L'antenne pénètre dans le poste d'émission en passant dans l'axe d'une tige d'ébonite *ab*, fixée normalement à deux glaces parallèles *cd*, *ej*. Ces glaces, qui sont assez épaisses pour offrir la résistance mécanique voulue, forment les parois d'une enceinte qui peut être légèrement chauffée à l'aide de lampes à incandescence ou de résistances appropriées.

Quant à l'isolement de suspension, il est constitué par des isolateurs à cloches et réservoir d'huile.

IV. — La réception.

§ 1. — Le détecteur.

Le détecteur qui paraît encore se prêter le mieux aux exigences de la pratique est le tube à limaille ou cohéreur à retour par choc mécanique.

Depuis les travaux de M. Branly, nombre d'expérimentateurs ont cherché à perfectionner le tube à limaille, soit en accroissant sa sensibilité, soit en lui donnant la sécurité de fonctionnement et la stabilité exigées pour le service courant.

Rien d'essentiel n'a d'ailleurs été apporté comme modification aux types primitifs de M. Branly.

Les cohéreurs sont généralement constitués par un tube de verre dans lequel de la limaille est intercalée entre deux électrodes métalliques. On a essayé et tour à tour préconisé à peu près tous les métaux, soit comme électrodes, soit comme limailles.

Cependant, les différents expérimentateurs s'accordent généralement à reconnaître que les meilleures électrodes à employer sont des électrodes de fer ou d'acier, et les meilleures limailles, celles de fer ou de nickel, si l'on désire surtout de la sécurité de fonctionnement et de la durée, celles d'argent ou d'or si l'on veut obtenir une grande sensibilité.

D'ailleurs, les divergences d'opinions formulées au sujet de l'emploi des cohéreurs tiennent surtout aux différentes conditions expérimentales dans lesquelles on les a utilisés.

Le cohéreur est bien l'organe essentiel du récepteur, mais son fonctionnement est intimement lié au réglage du relais et du frappeur automatique qui font partie intégrante du récepteur.

Ce réglage est très différent pour les divers types de tubes; il est même variable d'un tube à un autre du même type.

D'une manière générale, les tubes à limaille de nickel, dont continue à faire usage M. Marconi, et les tubes à limaille de fer inoxydée, que nous avons utilisés avec succès, fonctionnent sous une force électromotrice légèrement supérieure à 1 volt.

Les tubes à limailles d'or ou d'argent, que M. Branly a étudiés avec beaucoup de soin, et dont M. Ferrié a su tirer un parti remarquable, travaillent sous un voltage réduit, de $0^v,5$ à $0^v,2$ seulement.

On a beaucoup discuté sur les conditions que l'on doit chercher à réaliser pour obtenir de bons cohéreurs, c'est-à-dire des cohéreurs à la fois *sensibles* et *réguliers*.

Ces conditions sont assez variables, selon la remarque que nous avons faite ci-dessus. Mais on y satisfait à coup sûr par l'emploi d'électrodes inoxydées et parfaitement polies et de limailles homogènes et inoxydées placées dans un milieu incapable de leur faire subir une altération chimique superficielle. La présence de vapeur d'eau dans le cohéreur est toujours nuisible et la conservation des qualités du tube n'est assurée que si on le dessèche avec beaucoup de soin. L'action du vide est utile pour assurer le dessèchement parfait, mais elle n'est nullement nécessaire. D'ailleurs, cette action ne paraît exercer qu'une influence minime sur la sensibilité.

Ces conclusions confirment les observations de MM. Blondel et Ferrié.

Quelles que soient les minutieuses précautions qui aient été prises dans la confection d'un cohéreur, ses qualités s'altèrent plus ou moins rapidement à l'usage.

Aussi, pour éviter de trop fréquents changements de tubes, a-t-on essayé de différents procédés pour faire durer la sensibilité le plus longtemps possible.

L'un de ces procédés, qui a surtout été préconisé par M. Ducretet, consiste à se servir de tubes à électrodes mobiles dont on règle par tâtonnement l'écart au moment de l'emploi.

Ce procédé est certainement celui qui permet à un expérimentateur adroit d'obtenir le maximum de sensibilité de l'appareil, mais la délicatesse de réglage qu'il suppose le rend inacceptable en pratique. Il présente, d'ailleurs, le grave inconvénient de nécessiter des changements constants de limaille et de fréquents nettoyages du tube à cause de l'altération causée par l'air humide qui s'introduit nécessairement à l'intérieur.

Nous avons obtenu de bons résultats avec les tubes à électrodes et limaille de fer ou d'acier en disposant le cohéreur dans un champ magnétique variable à volonté, qui permet de modifier la pression des grains de limaille.

Ce système a été repris et préconisé par la maison Siemens et Halske, qui l'utilise dans les récepteurs Braun.

Enfin, MM. Blondel et Ferrié ont utilisé des tubes à réserve, c'est-à-dire des tubes scellés munis d'un réservoir contenant un excès de limaille. Par de petits mouvements imprimés au tube, on peut remplacer la limaille altérée en la mélangeant avec la limaille fraîche qui se trouve dans la réserve.

En fait, le mieux, au point de vue de la pratique, est certainement de posséder un lot suffisant de cohéreurs éprouvés, et de remplacer par un cohéreur neuf celui qui est en service dès qu'il manifeste des traces de fatigue.

Il arrive, d'ailleurs, souvent que des cohéreurs momentanément altérés recouvrent par le repos leurs qualités primitives. Ce n'est pas une des

particularités les moins intéressantes du fonctionnement de ce curieux appareil.

Le cohéreur n'est pas le seul détecteur qui permette la réception des ondes électriques à distance. La nécessité de l'adjoindre à un frappeur automatique est une cause sérieuse de complication apportée à l'appareil récepteur et accroît les difficultés de réglage.

Aussi s'est-on efforcé de se passer de ces organes délicats en recherchant des systèmes susceptibles de se décohérer spontanément.

Malheureusement, ces cohéreurs *auto-décohérents* ne subissent généralement que des variations de résistance trop faibles pour qu'il soit possible de les utiliser à actionner un relais. On est donc obligé de se borner à enregistrer ces variations de résistance à l'aide d'un récepteur téléphonique, c'est-à-dire de faire la lecture des messages au son, ce qui est un grand inconvénient dans plusieurs cas, principalement dans les applications militaires où le contrôle de la bande imprimée est indispensable.

M. Tommasina paraît avoir signalé, le premier, l'usage qu'on pouvait faire de contacts microphoniques comme détecteurs d'ondes électriques. Les auto-décohérents étaient constitués par des électrodes et grains de charbon.

M. Popoff substitua avec succès à ces auto-décohérents des systèmes beaucoup plus sensibles, mais assez instables, constitués par des aiguilles d'acier reposant sur des contacts de charbon.

En fait, tous les cohéreurs peuvent être utilisés comme auto-décohérents. Il suffit, pour cela, de modifier convenablement le régime du courant dans lequel on les place.

C'est ainsi que l'on transforme très aisément les tubes fer-limaille de fer en excellents décohérents en prenant soin de les « cohérer » légèrement au préalable, de manière à les faire parcourir par un courant de quelques milli-ampères.

L'adjonction du champ magnétique auxiliaire permet d'amener aisément le système à une grande sensibilité et donne une grande stabilité de réglage.[1]

Mais le système auto-décohérent le plus sensible est celui qui a été imaginé par M. Castelli et dont nous avons parlé au sujet des expériences remarquables exécutées par M. Bonomo. Il consiste essentiellement en une goutte de mercure intercalée entre deux électrodes de fer ou de charbon.

MM. Lodge et Muirhead ont fait connaître récemment un auto-décohérent analogue, où une couche d'huile est intercalée dans le contact fer-mercure.

L'électrode de fer est constituée par un disque animé d'un mouvement constant de rotation, ce qui donne de la stabilité au système. Nous avons essayé à différentes reprises des contacts du même genre (aiguilles d'acier plongeant dans un bain de mercure sous une couche de pétrole) sans en retirer d'avantages bien marqués.

Les auto-décohérents peuvent acquérir une sensibilité supérieure à celle des cohéreurs ordinaires, mais ils sont encore plus irréguliers.

Différentes explications ont été proposées pour rendre compte des phénomènes présentés par les cohéreurs, mais aucune ne paraît satisfaisante.

Le phénomène de la « cohérence », c'est-à-dire de la variation de résistance sous l'action des ondes électriques, n'est pas particulier aux limailles métalliques. Tous les contacts imparfaits de conducteurs ou semi-conducteurs jouissent de la même propriété générale. Ce fait a été mis en lumière par M. Branly, qui a réalisé un cohéreur très sensible en faisant reposer un trépied constitué par trois aiguilles d'acier sur un plan poli du même métal.

L'expérience montre, d'ailleurs, que le même contact imparfait peut, selon le régime du courant et la pression à laquelle on le soumet, se comporter soit comme un cohéreur ordinaire à retour par choc, soit comme un auto-décohérent à retour spontané, soit même comme un anti-cohéreur, c'est-à-dire comme un système qui subit un accroissement de résistance permanent sous l'action de l'onde.

On a invoqué la formation des chaînes entre les grains de limaille; mais ces chaînes, que l'on ne voit jamais se former pour peu que l'on opère seulement à quelques mètres de l'excitateur, ne sauraient se produire dans un simple contact imparfait, susceptible de se comporter cependant comme un cohéreur très sensible.

Selon une théorie émise par Lodge, le phénomène serait dû à la soudure des grains provoquée par de petites étincelles. A faible distance, on peut admettre aisément la production de pareilles étincelles. Mais il paraît difficile d'accepter qu'elles puissent encore se produire à quelques centaines de kilomètres du poste d'émission.

D'ailleurs, même en se servant d'un microscope, on n'a jamais pu en constater l'existence.

Enfin, le phénomène des auto-décohérents échappe à cette explication, et, cependant, il est certain que les phénomènes sont intimement liés, puisqu'ils prennent naissance dans des conditions analogues.

M. Branly a émis l'idée que le diélectrique devient conducteur sous l'action des ondes; M. Ferrié, assimilant les contacts imparfaits à des condensateurs à fuite, a imaginé qu'il y a production d'une effluve capable de briser ou de fêler l'isolant qui sépare les portions conductrices; M. Bose a suggéré l'idée que la production du phénomène

est due à une modification allotropique des surfaces métalliques en contact.

Les nombreuses expériences que nous avons faites nous portent à penser que c'est surtout un effet thermique qui intervient dans le phénomène. L'énergie mise en jeu est, à la vérité, très faible; mais elle se trouve dépensée, en effet Joule, dans un temps extrêmement court, et localisée dans un volume très petit, à vrai dire en un point. Cet effet thermique peut être susceptible de provoquer des dilatations locales et superficielles, soit des métaux mêmes, soit de la couche gazeuse adhérente, que le vide ne peut éliminer complètement. Les dilatations modifient la pression des contacts et donnent lieu aux différents effets que l'on observe.

Enfin, nous ne pouvons quitter ce qui a trait aux détecteurs sans faire mention du « détecteur ma-

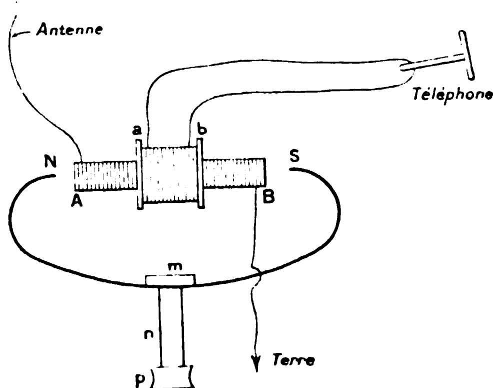


Fig. 6. — *Détecteur magnétique.* — AB, bobine primaire constituée d'une seule couche de fil; l'extrémité A est reliée à l'antenne, l'extrémité B à la terre; la bobine AB a un noyau de lames minces d'acier; *ab*, bobine secondaire portant un grand nombre de tours de fil fin; les extrémités de cette bobine sont reliées à un téléphone. L'aimant recourbé NS est porté par l'axe *mn*, et entraîné par la poulie *p*.

gnétique » que M. Marconi a récemment fait connaître.

Cet appareil (fig. 6) est basé sur un principe tout différent de celui sur lequel reposent les cohéreurs ou autres systèmes de contacts imparfaits.

Lorsqu'une aiguille d'acier, aimantée à saturation, se trouve placée dans une bobine qui reçoit un courant de haute fréquence ou une onde électrique, elle subit une désaimantation partielle et *permanente*. Le phénomène a été signalé par lord Rayleigh, puis étudié surtout par Rutherford, qui avait songé à l'utiliser pour déceler les ondes à distance. Le dispositif était délicat et peu sensible.

M. Marconi a reconnu que, si le noyau d'acier se trouve placé dans un champ magnétique variable (à variations relativement lentes), il se produit un changement brusque et *temporaire* dans la valeur de l'induction du noyau au moment où la bobine dans laquelle il se trouve reçoit une onde électrique.

Pour enregistrer l'effet, il suffit de disposer la bobine à noyau dans un enroulement secondaire mis en relation avec un téléphone.

Le phénomène est un peu différent de celui de Rutherford : il paraît devoir s'expliquer par une variation de la valeur de l'hystérésis proprement dite sous l'action de l'onde.

La sensibilité de l'appareil est *comparable* à celle des cohéreurs, mais cependant notablement inférieure à celle des cohéreurs que l'on sait obtenir maintenant.

La lecture des messages se fait au son, comme avec les auto-décohérents; la faiblesse des courants induits mis en jeu ne permet pas d'actionner un relais et d'obtenir l'enregistrement des signaux sur bande.

En revanche, l'appareil reste toujours comparable à lui-même et fonctionne sans aucune espèce de réglage. Il apporte une telle simplicité et une telle sécurité dans le procédé de réception qu'il paraît destiné à amener de sérieuses modifications dans la technique de la télégraphie sans fil.

§ 2. — Le récepteur.

Sans entrer dans les détails techniques de construction des divers modèles de récepteurs actuellement en usage, il convient de mentionner certaines particularités intéressantes de l'appareil.

Le récepteur à cohéreur ordinaire est muni d'un relais et d'un frappeur automatique. Comme le retour du tube est d'autant plus aisé que l'intensité ou, plus exactement, que la densité du courant qui le parcourt est plus faible, on est conduit à l'emploi de relais très sensibles.

Généralement on se sert de relais polarisés genre Siemens, ou, mieux encore, de relais à cadre mobile du type Claude, susceptibles de fonctionner sans collage sous une faible intensité de courant.

Le relais à cadre mobile a, en outre, l'avantage de présenter une self faible. Cette circonstance est avantageuse, car l'expérience montre que le retour s'opère d'autant plus aisément que le circuit du tube est moins inductif. On peut, en outre, sans en modifier mécaniquement le réglage, faire varier la sensibilité de l'instrument par l'emploi de shunts.

Les moindres étincelles d'extra-courants produites au voisinage immédiat du tube suffisent à le cohérer. Afin d'atténuer le plus possible la production des extra-courants de rupture du frappeur et du relais, on shunte avec un soin minutieux tous les circuits présentant de la self à l'aide de résistances non-inductives appropriées.

D'autre part, certains tubes sensibles, et en particulier les tubes à limaille d'argent ou d'or, ne fonctionnent normalement que sous un voltage réduit, variable pour chaque tube. On munit donc

le récepteur d'un dispositif permettant d'opérer à volonté cette réduction de voltage, d'une sorte de potentiomètre.

Enfin, pour obtenir le maximum d'effet, il importe d'éviter une diffusion inutile des ondes reçues dans le circuit auxiliaire de la pile et du relais. Il y a avantage, lorsqu'on veut atteindre de très grandes sensibilités (mais seulement en pareil cas), à intercaler dans le circuit du tube des bobines inductives qui empêchent cette diffusion de se produire.

Ce n'est, en somme, que par une sorte de compromis entre des données contradictoires que l'on peut arriver à réaliser les conditions optima.

Encore ne ferons-nous que signaler l'influence de la frappe, qui est capitale et modifie d'une manière considérable le régime de l'appareil.

On peut concevoir aisément l'importance de cette influence. Les divers contacts imparfaits ne sont que des sortes de microphones. Aussi se montrent-ils extrêmement sensibles à toutes les vibrations mécaniques. Ainsi, on cohère aisément un tube par les vibrations sonores d'un diapason.

Les vibrations mécaniques se trouvent constamment entretenues dans le cohéreur par les chocs mêmes du frappeur. Il importe d'amortir autant que possible les vibrations parasites imprimées au cohéreur par le tube ou les supports, afin d'obtenir de la régularité dans le fonctionnement.

§ 3. — Mécanisme de la réception.

On conçoit bien d'une manière générale le phénomène de la réception.

L'onde émise est polarisée dans le plan horizontal et fait naître dans l'antenne verticale ou quasi-verticale du poste récepteur un effet d'induction que décèle le détecteur. Cette onde, qui est sphérique à une distance du poste d'émission suffisamment grande par rapport à la longueur de l'antenne, peut être considérée comme plane aux distances de transmission usuelles. Il y a intérêt à ce que l'antenne de réception se rapproche de la verticale afin d'utiliser le vecteur électrique maximum. D'ailleurs, grâce à la polarisation, l'effet obtenu dans ces conditions sur l'antenne réceptrice est environ trois fois plus intense que si elle n'existait pas, ainsi que l'a fait remarquer M. Poincaré.

Pour la même raison, il y a avantage à ce que l'antenne réceptrice s'élève au-dessus d'une étendue plane aussi dégagée que possible, afin d'éviter les réflexions ou diffusions nuisibles.

L'expérience indique, en effet, qu'il est toujours avantageux de disposer le poste récepteur au bord immédiat de la mer, ainsi que de profiter d'un vaste terrain plan plutôt que d'une falaise élevée pour l'édifier.

Dans le système de transmission direct, les oscillations émises sont très amorties. Grâce à ce fort amortissement, l'effet produit sur l'antenne réceptrice peut, dans une certaine mesure, être comparé à un choc, la majeure portion de l'énergie radiée se trouvant concentrée dans le front de l'onde. L'antenne réceptrice vibre alors toujours avec sa période propre, quelle que soit la période de l'onde émise, ou, en d'autres termes, les phénomènes de résonance multiple prennent une importance considérable. Cette antenne réceptrice peut être assimilée à un résonateur rectiligne isolé à une extrémité (l'extrémité supérieure) et réuni en général par l'autre à une grande capacité (la terre par exemple). Elle devient alors le siège d'un système d'ondes stationnaires et vibre sensiblement comme un tuyau fermé en présentant un ventre d'intensité à la base et un nœud au sommet.

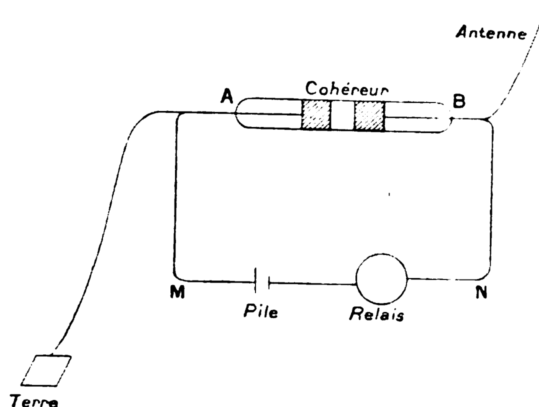


Fig. 7. — *Schéma de la réception (système direct).* — L'extrémité B du cohéreur est reliée à l'antenne, l'extrémité A à la terre. Le cohéreur est intercalé dans le circuit AMNB, qui comprend une pile (ou les bornes d'un réducteur de potentiel) et un relais.

D'ailleurs, l'amortissement de ce régime vibratoire de l'antenne réceptrice — à peu près indépendant de la période de l'onde émise — est beaucoup plus faible que l'amortissement des vibrations du transmetteur, ainsi que nous l'avons établi par des mesures directes.

Nous verrons comment cette circonstance a pu être mise à profit pour améliorer les conditions de la réception.

Quoi qu'il en soit, l'effet obtenu est d'autant plus intense que l'antenne réceptrice est plus haute, c'est-à-dire coupe un plus grand nombre de lignes de forces du champ.

On constate que, si l'on place deux récepteurs identiques sur deux antennes parallèles disposées à une faible distance, les deux récepteurs se nuisent réciproquement. Une antenne paraît donc drainer en quelque sorte l'énergie du milieu dans un certain rayon autour d'elle. Les expériences que nous avons faites semblent établir que cet

effet se produit dans un rayon de l'ordre de grandeur de la hauteur de l'antenne. On conçoit alors comment une simple antenne filiforme, qui, à une centaine de kilomètres du poste d'émission, n'intercepte géométriquement qu'une portion infiniment petite de l'onde émise, peut néanmoins recevoir une quantité extrêmement faible, mais finie d'énergie.

Une conséquence du même effet, c'est que tout conducteur plus ou moins vertical placé dans le voisinage immédiat de l'antenne exerce une influence nuisible, surtout s'il est relié à la terre, car il absorbe à son profit une fraction plus ou moins notable de l'énergie apportée.

Pour analyser de plus près les phénomènes, il serait évidemment nécessaire de faire intervenir les propriétés mêmes du détecteur.

Si l'effet constaté dépend bien, en effet, de celui qui a son siège dans l'antenne, il dépend aussi étroitement de celui qui est décelé par le détecteur. Ainsi, selon que ce détecteur sera sensible à tel ou tel effet, les conditions de réception pourront devenir fort différentes. On conçoit qu'il puisse y avoir des différences notables à cet égard entre les divers types de cohéreurs, les auto-décohérents et les appareils du genre du détecteur magnétique de Rutherford ou de M. Marconi.

Nous estimons que, pour pouvoir se rendre compte du mécanisme de la réception, il est indispensable d'utiliser comme détecteurs des appareils moins sensibles que les cohéreurs, mais capables de fournir des indications faciles à interpréter.

C'est ainsi que nous avons employé comme détecteurs à des distances faibles, il est vrai, mais suffisantes pour être placé dans les conditions normales des transmissions en télégraphie sans fil, le *bolomètre*, qui permet d'enregistrer, sous forme thermique, l'énergie totale reçue par l'antenne, et l'appareil de Rutherford, qui donne un effet en rapport avec l'intensité maxima.

Les essais que nous poursuivons nous ont déjà fourni plusieurs résultats intéressants (nous avons eu l'occasion d'en citer un ci-dessus), et nous croyons qu'il y a des tentatives à faire dans cette voie pour édifier la théorie du phénomène complexe de la réception des ondes par le cohéreur.

V. — Dispositifs de transmission indirecte. Syntonie.

Dès les premiers essais de télégraphie sans fil, on s'est préoccupé de la recherche de moyens propres à assurer le secret des communications. On conçoit tout l'intérêt que présente la solution du problème.

Avec les dispositifs décrits, tous les postes qu se trouvent placés dans le rayon d'action du transmetteur reçoivent les signaux et peuvent les interpréter. Outre les inconvénients graves qui en résultent nécessairement pour les applications militaires, et en particulier pour les communications des bâtiments de guerre, cette circonstance ne permet jamais qu'à deux postes seuls de communiquer entre eux en même temps. Elle est donc de nature à restreindre singulièrement l'emploi de la télégraphie sans fil.

Aussi les différents expérimentateurs se sont-ils efforcés de réaliser l'accord des postes en essayant d'utiliser les phénomènes de résonance électrique.

Mais les conditions de la résonance électrique sont bien différentes de celles de la résonance acoustique, à laquelle on serait tenté de l'assimiler.

Tandis qu'un résonateur acoustique répond uniquement aux vibrations pour lesquelles il est accordé, à cause du phénomène de la résonance multiple, un résonateur électrique répond seulement un peu mieux à celles qui lui correspondent qu'aux autres. En d'autres termes, la résonance électrique présente beaucoup de flou.

Quoi qu'il en soit, c'est en cherchant à réaliser cet accord que l'on a réussi à améliorer les dispositifs primitifs. Et il est hors de doute que si les moyens mis en œuvre n'ont pas donné la solution complète de la « syntonie », ils ont permis d'accroître considérablement les portées.

L'idée qui a guidé les expérimentateurs, et qui a conduit en particulier M. Marconi à l'emploi des nouveaux dispositifs qu'il a réalisés avec des moyens d'une puissance inusitée, peut se résumer ainsi.

Le phénomène de la résonance multiple prend une importance d'autant plus grande que l'amortissement de l'oscillateur est plus considérable. Nous avons vu que l'amortissement est très grand dans le système de transmission directe, où le transmetteur constitue un oscillateur très ouvert. Dans ce système, ce sont précisément les circonstances pour lesquelles la proportion d'énergie radiée est le plus forte qui rendent l'amortissement considérable.

Mais on conçoit qu'il soit possible d'utiliser autrement l'énergie recueillie par le récepteur en se plaçant dans des conditions telles que les phénomènes de résonance puissent être mis en jeu.

Pour obtenir une réduction notable de l'amortissement des vibrations de l'excitateur, on se servira d'un oscillateur fermé. Les oscillations devront alors être transmises à l'antenne d'émission par induction électromagnétique.

Le dispositif *indirect* de transmission est ainsi constitué en principe (fig. 8) par un circuit de dé-

charge comprenant un condensateur C, un éclateur E relié aux bornes du secondaire de la bobine d'induction, et une self S qui forme le primaire d'une bobine dont le secondaire se trouve relié d'une part à l'antenne, de l'autre à la terre.

On reconnaît le montage d'un dispositif Tesla ou, si l'on veut, une application directe du procédé classique que M. Blondlot a employé pour faire l'étude de la propagation des ondes dans les fils.

Grâce à la capacité du condensateur, on conçoit qu'il devienne possible de mettre en jeu à l'émission une quantité d'énergie beaucoup plus considérable qu'avec le dispositif direct, où la capacité de l'antenne est seule à intervenir.

En revanche, l'amortissement est bien plus faible.

C'est précisément cette circonstance dont les divers expérimentateurs ont essayé de tirer parti pour établir la résonance électrique du transmetteur et du récepteur. Le système de transmission indirect

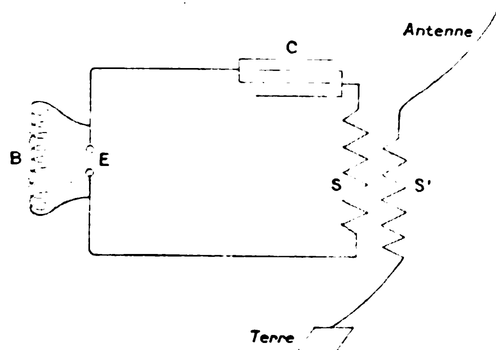


Fig. 8. — *Schema de la transmission (système indirect).* — B, secondaire de la bobine d'induction. Circuit de décharge comprenant l'éclateur E, le condensateur C et le primaire S d'un Tesla; S', secondaire du Tesla relié à l'antenne et à la terre.

correspond ainsi à un système de réception indirect où l'on s'efforce de mettre en jeu les phénomènes de résonance.

MM. Lodge et Muirhead ont fait connaître, dès l'année 1898, des dispositifs capables d'utiliser les phénomènes de résonance électrique. Mais ces dispositifs présentaient une complication qui les rendait difficilement applicables et n'ont pas été soumis au contrôle de l'expérience. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

M. Braun fit connaître, en 1900, des dispositifs beaucoup plus simples, qui peuvent tous se ramener à l'appareil schématique décrit ci-dessus.

Une série d'expériences exécutées entre l'île d'Heligoland et la côte, en septembre 1900, montra qu'il était possible d'obtenir — à égalité de hauteurs d'antennes — des distances de communication notablement plus grandes à l'aide de ces dispositifs qu'avec le système primitivement adopté par M. Marconi.

§ 1. — Système Slaby.

M. Slaby, qui, l'un des premiers, a exécuté en Allemagne des expériences méthodiques de télégraphie sans fil, imagina environ à la même époque un système fort ingénieux de « syntonie ». Le principe de syntonisation appliqué par M. Slaby repose sur les propriétés des champs interférents, étudiées antérieurement par M. Turpain, qui en avait proposé l'application à la solution du problème de la multi-communication en télégraphie ordinaire.

Nous avons vu que l'antenne réceptrice pouvait être assimilée à un résonateur rectiligne qui, soumis à l'action des ondes fortement amorties de la transmission, vibre avec sa période propre.

Si l'on suppose que cette antenne soit reliée à la terre, son état vibratoire pourra être assimilé à

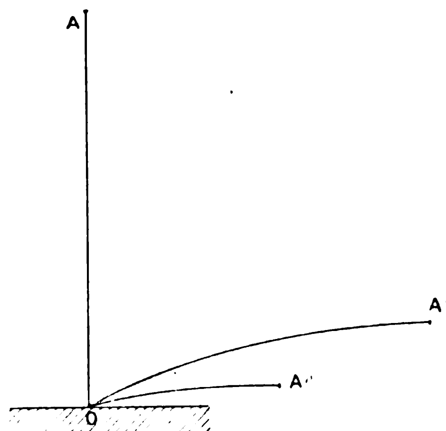


Fig. 9. — *Principe de la syntonie Slaby.*

celui d'un tuyau fermé, c'est-à-dire qu'il s'y établira un système d'ondes stationnaires avec un ventre de *tension* au sommet et un nœud à la base. M. Slaby estime que le cohéreur est uniquement sensible aux variations de potentiel.

Dans ces conditions, la place qu'il occupe dans le système direct, à la base de l'antenne, c'est-à-dire au voisinage d'un nœud, est défectueuse. Mais, en ajoutant en dérivation au point O (fig. 9) une longueur OA′ égale à la longueur OA de l'antenne, on doit obtenir en A′ un nouveau ventre de vibrations. Il devient alors facile de placer le cohéreur dans la position la plus favorable.

D'autre part, nous avons supposé que l'antenne recevait des ondes très amorties. Mais on peut imaginer que, par l'emploi du dispositif précédemment décrit, on émette des groupes d'oscillations peu amorties de période déterminée. La résonance sera susceptible d'entrer en jeu si la période des ondes émises est la même que la période propre du système AOA′. Pour obtenir un système récepteur

capable de répondre à une période différente, il suffira de disposer une autre dérivation OA″, de longueur telle que l'ensemble AOA″ ait une période de même valeur, c'est-à-dire que la longueur totale AO + AO″ soit égale à une demi-longueur d'onde.

Un cohéreur placé en A′ décélera seulement les ondes dont la longueur est 2(OA + OA′); un cohéreur placé en A″ décélera les ondes de longueur 2(OA + OA″) à l'exclusion des autres.

M. Slaby dispose en pratique l'appareil de la façon suivante (fig. 10). L'antenne est reliée en O à une bobine de self MN, qui n'est autre qu'un résonateur Oudin. L'extrémité M est réunie à la terre. Le cohéreur est relié en S à un nombre de spires variable à volonté et équivalant à une longueur déterminée de conducteur rectiligne. On peut remarquer que la liaison avec la terre se trouve réalisée par le circuit pile-relais. Mais ce circuit présente une impédance notable à cause de la présence du relais. Il est donc préférable de relier directement le cohéreur à la terre par l'intermédiaire d'un condensateur auxiliaire C, dont la capacité n'a, d'ailleurs, pas à intervenir dans l'établissement de la résonance.

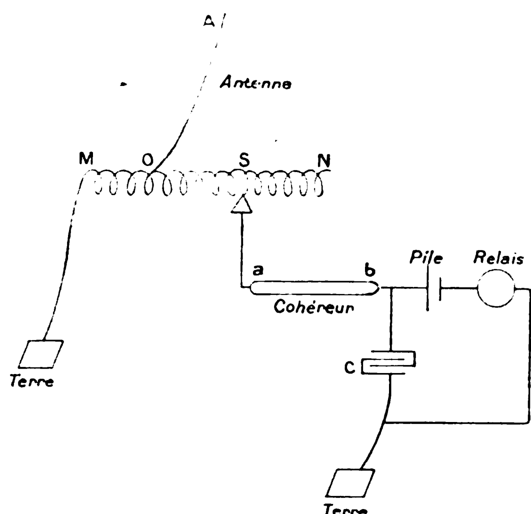


Fig. 10. — *Récepteur Slaby-Arco.* — OA, antenne reliée en O à une prise variable sur le résonateur Oudin MN; *ab*, cohéreur relié en S par une prise variable au résonateur Oudin MN et en B à l'un des pôles de la pile. L'autre pôle de la pile est relié à la terre par le relais. Le circuit du cohéreur se trouve fermé par la jonction de M à la terre.

Afin d'obtenir des ondes de période bien déterminée au transmetteur, M. Slaby employait d'abord la disposition suivante (fig. 11). L'antenne était constituée de deux branches, réunies à la partie supérieure par une bobine de self S. L'une des branches se trouvait reliée à l'armature d'un condensateur, l'autre au sol. Le dispositif revient, en somme, à réaliser un grand oscillateur presque fermé, et l'amortissement peut être considérablement réduit. En revanche, les ondes émises par les branches CD et EF interfèrent entre elles, et la proportion d'énergie radiée à distance est minime. On réussissait à obvier en partie à cet inconvénient capital en donnant aux branches CD et EF le plus de dissymétrie possible, EF étant formée d'un fil simple, et CD d'une antenne multiple.

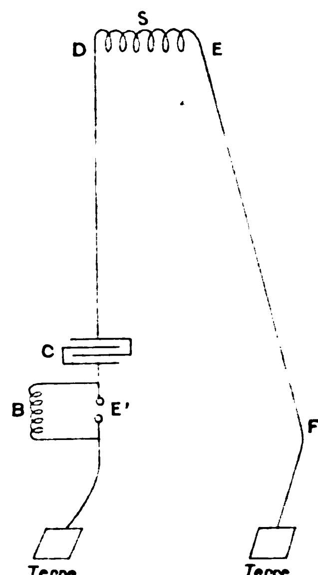


Fig. 11. — *Premier dispositif de transmission Slaby.* — B, secondaire de la bobine d'induction; E′, éclateur relié à la terre et à la branche d'antenne CD. La branche EF est reliée à la terre. S, bobine de self intercalée entre les branches CD et EF.

Néanmoins, M. Slaby a renoncé à ce montage défectueux et adopté un nouveau dispositif basé sur l'emploi d'un résonateur Oudin à l'émission (fig. 12). Le circuit de décharge est constitué par le condensateur C, l'éclateur E et les bobines de self S et S′ reliées toutes deux à la terre. L'antenne, généralement multiple, est simplement mise en relation en O avec l'un des points du circuit de décharge et se trouve ébranlée par les oscillations qui prennent naissance dans ce circuit. L'ébranlement qu'elle reçoit est maximum lorsque sa période propre de vibration est égale à celle du circuit.

On fait varier à volonté la période du circuit de décharge en modifiant la capacité C et la self S′. L'accord de l'antenne s'opère avec la bobine S, qui est formée de spires de 25 à 30 centimètres de diamètre.

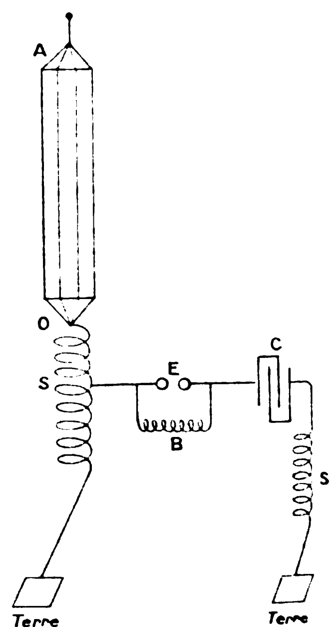


Fig. 12. — *Dispositif de transmission Slaby.* — B, secondaire de la bobine d'induction; E, éclateur; C, condensateur de capacité variable relié à la terre par la self variable S′; S, résonateur Oudin réglable; OA, antenne multiple.

Ce système est certainement supérieur au premier dispositif d'émission de M. Slaby. Mais une notable portion d'énergie est dissipée en pure perte et l'on n'utilise qu'une fraction assez faible de celle qui est mise en jeu.

Il en est de même à la réception. L'énergie reçue se partage en proportions inégales entre les segments OA et OA', et les vibrations du segment OA', qui sont synchrones de celles de l'antenne, ne se trouvent entretenues que par une infime fraction de l'énergie totale que reçoit le système. L'expérience montre, en effet, qu'à égalité d'énergie mise en jeu les portées sont moindres qu'avec le système direct.

D'ailleurs, en dépit des précautions prises pour assurer la persistance des vibrations émises, la résonance demeure très imparfaite et la sélection restreinte.

§ 2. — Dispositifs Marconi.

M. Marconi fit d'abord usage du procédé suivant : L'antenne était remplacée par un système de deux cylindres métalliques concentriques de 7 mètres de hauteur et de $1^m,50$ de diamètre. Ces cylindres formaient une sorte de grand condensateur, l'armature intérieure étant réunie à la terre.

Le système se rapproche beaucoup d'un oscillateur fermé et la portion d'énergie radiée est vraisemblablement peu considérable.

Ce dispositif aurait permis à M. Marconi de réaliser un accord assez satisfaisant pour pouvoir échanger des messages entre les stations de l'île de Wight et de Poole, à une distance de 45 kilomètres, sans être troublé par les postes voisins.

Lors des expériences effectuées entre Biot et Calvi, M. Marconi adopta un système identique aux dispositifs Braun, c'est-à-dire conforme à la disposition schématique indiquée ci-dessus. Le circuit de décharge comprend un condensateur, composé d'une batterie de jarres associées en quantité (13 jarres le plus fréquemment), et le primaire d'un Tesla.

Ce transformateur est constitué par un cadre de bois carré, de 30 à 40 centimètres de côté, sur lequel sont enroulés côte à côte les circuits primaires et secondaires, soigneusement isolés l'un de l'autre.

Le primaire comprend un seul tour de fil ou plusieurs tours en parallèle; le secondaire comprend généralement de quatre à six tours : l'ensemble est placé dans une cuve pleine d'huile de lin.

L'antenne est reliée à l'une des extrémités du secondaire du Tesla, l'autre extrémité étant à la terre. Elle est formée de quatre conducteurs parallèles, disposés selon les arêtes d'un parallélipipède à base carrée de $1^m,50$ de côté.

On modifie la période du système en changeant le nombre des jarres et en employant différents enroulements au Tesla.

A ce transmetteur, ou plutôt à ces transmetteurs de différentes périodes, sont associés des récepteurs accordés. L'accord s'obtient en principe au moyen d'une combinaison de bobines de self et de capacités. L'un des systèmes les plus simples consiste à intercaler, sur le trajet de l'antenne réceptrice, le primaire d'un petit transformateur (sans fer) dont les extrémités du secondaire se trouvent reliées au cohéreur. Ce transformateur a reçu le nom de « jigger » (fig. 13). Le primaire s comprend un petit nombre de tours de fil, le secondaire s' un nombre plus grand de spires de fil fin. Afin d'éviter l'influence nuisible de l'impédance du relais, le circuit s est coupé au milieu. C'est dans la coupure

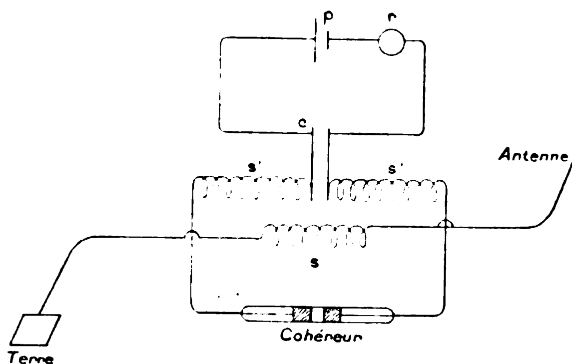


Fig. 13. — « *Jigger* » *de réception.* — s, primaire d'une bobine à deux fils, intercalé entre l'antenne et la terre : s', s', secondaire comprenant un nombre plus grand de tours de fil; c, condensateur coupant le secondaire s'; p, pile ; r, relais.

que sont intercalés le relais et la pile. Le condensateur sert à parfaire le réglage.

Les communications purent être nettement établies à l'aide de ces dispositifs entre la Corse et le littoral, mais avec une certaine insécurité.

Les signaux étaient, en effet, troublés par les perturbations électriques d'origine atmosphérique, au point qu'il devenait impossible de les recevoir correctement depuis 10 heures du matin jusqu'au coucher du soleil.

Quant à la « syntonie », les expériences de Biot-Calvi ont montré que, si les dispositifs utilisés étaient capables d'exercer un certain effet sélectif, cet effet était très restreint. Il a paru possible, à la vérité, d'accorder un récepteur de manière qu'il ne soit pas impressionné par des ondes de longueurs très différentes de celles pour lesquelles l'accord avait été réalisé. Mais le résultat n'a pu être obtenu que pour des ondes de longueurs très différentes, au prix de réglages incessants, et en se plaçant à la limite extrême de sensibilité du récepteur.

De plus, lorsque deux récepteurs accordés différemment étaient reliés simultanément à l'antenne au lieu de l'être successivement, et que l'on tentait de réaliser la double communication, alors que l'un des récepteurs enregistrait un seul message, l'autre les enregistrait tous deux en les brouillant ou n'enregistrait absolument rien.

L'énergie mise en jeu dans l'emploi de ce dispositif indirect est déjà notablement plus grande qu'avec le système direct, mais ne dépasse vraisemblablement pas quelques joules par décharge.

Dans les nouvelles installations qu'il a établies, M. Marconi a réussi à accroître, dans une mesure inconnue jusqu'ici, l'énergie mise en jeu à l'émission. Ce serait, en effet, par kilowatts qu'il faudrait compter l'énergie dépensée dans les circuits d'excitation des postes de Poldhu, en Angleterre, et du Cap Breton, dans la Nouvelle-Écosse.

Fig. 14. — *Schéma du dispositif de transmission du poste de Poldhu.* — A, alternateur de 50 kilowatts; O, transformateur industriel dont le primaire S est excité par l'alternateur. Premier circuit de décharge sur le secondaire S′ du transformateur et comprenant : l'éclateur E_1, le condensateur C_1 et le primaire S_1 d'un Tesla. Deuxième circuit de décharge sur le secondaire S'_1 du premier Tesla et comprenant : l'éclateur E_2, le condensateur C_2 et le primaire S_2 d'un second Tesla. S'_2, secondaire du second Tesla relié à l'antenne et à la terre.

Le système de transmission repose sur le même principe que celui que nous venons de décrire et n'est que la reproduction des dispositifs de Tesla et de d'Arsonval pour la haute fréquence. Ce qui en constitue l'intérêt, c'est la grandeur de l'énergie qui est mise en jeu.

La source d'électricité (fig. 14) est constituée par un alternateur de 50 kilowatts, entraîné par une machine d'une centaine de chevaux. Le courant de cet alternateur A, qui a une tension de 2.000 volts et une intensité de 25 ampères, excite le primaire S d'un tranformateur industriel O, qui élève la tension à 20.000 volts. Aux bornes du secondaire du transformateur O, c'est-à-dire aux extrémités du circuit S′, se trouve relié un circuit de décharge comprenant un éclateur E_1, un condensateur C_1 et le primaire S_1 d'un Tesla dont le secondaire S'_1 est réuni à l'antenne et à la terre.

Parfois le système, plus complexe, comprend un second Tesla et un second circuit de décharge qui est excité par le premier. C'est cette dernière disposition que représente la figure 14.

Le condensateur C_1 ou les condensateurs C_1 et C_2 présentent une grande capacité. Ils sont constitués chacun par une vingtaine de condensateurs élémentaires réunis en quantité. Chaque condensateur élémentaire comprend 18 à 20 carreaux ou feuilles de verre revêtues sur les deux faces d'une feuille d'étain de $0^m,30$ de côté. L'ensemble représente une capacité de la valeur de 1 microfarad.

Quant aux transformateurs Tesla, ils sont constitués par des cadres de bois de $0^m,60$ à $0^m,80$ de côté; ils portent un enroulement primaire d'une dizaine de torons associés en parallèle, et un secondaire de 8 à 10 tours du même câble. Ces transformateurs sont placés dans des bacs remplis d'huile de lin.

L'antenne est constituée par un réseau de conducteurs présentant une disposition tout à fait particulière (fig. 15). Ce réseau comprend quatre sections d'une centaine de conducteurs, suspendus à des drailles horizontales isolées qui sont tendues entre des mâts ou, plus exactement, des tours de charpente, de 70 mètres de hauteur.

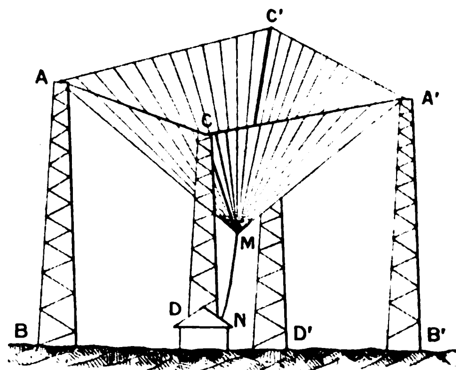


Fig. 15. — *Antenne du poste de Poldhu.* — AB, A′B′, CD, C′D′, tours en charpente de 70 mètres de hauteur; AC, AC′, A′C, A′C′, drailles horizontales supportant les conducteurs, qui viennent tous se réunir en MN à un conducteur commun qui pénètre dans le poste.

Les mâts sont disposés aux angles d'un carré d'une soixantaine de mètres de côté. Les conducteurs viennent tous se réunir à un conducteur commun qui, pénétrant dans le poste d'émission, se trouve relié au secondaire du dernier Tesla.

Les antennes sont chargées à une tension telle, pendant la transmission, que l'on obtient une étin-

celle de 0m,30 de longueur entre l'un des conducteurs du système et la terre[1].

C'est dans de pareilles conditions d'émission que se sont effectuées les expériences retentissantes qui ont été exécutées l'an dernier entre le poste de Poldhu et le cuirassé italien *Carlo-Alberto*.

Le *Carlo-Alberto* put recevoir des messages en pleine Méditerranée, à une distance de 1.500 kilomètres du poste d'émission, en dépit de l'interposition de la France entière et des massifs du Plateau central.

Le récepteur était muni d'un « jigger » analogue à celui que nous avons décrit, et les signaux étaient reçus, soit à l'aide de cohéreurs, soit avec le « détecteur magnétique ».

Enfin, il paraît avéré que les stations extra-puissantes de Poldhu et du Cap-Breton ont pu échanger des communications à travers l'Atlantique.

VI. — Conclusions.

Peut-on être autorisé à conclure de ces dernières expériences que les procédés de la télégraphie sans fil sont destinés à être pratiquement appliqués pour franchir de pareilles distances et à être substitués industriellement aux transmissions par câbles sous-marins?

Tout d'abord, il paraît encore exister une grande insécurité dans les communications. Les dispositifs de transmission, dans lesquels on met en jeu une énergie de plusieurs kilowatts à une tension élevée, deviennent dangereux à manier. Enfin le coût de l'exploitation est considérable : l'envoi d'un seul mot exige, en effet, le fonctionnement continu d'une machine de plusieurs chevaux.

Mais, ce qui est plus grave, c'est qu'aucun des dispositifs mis à l'épreuve ne paraît encore susceptible de résoudre le problème pratique de la syntonie, c'est-à-dire n'est capable d'empêcher la surprise ou le trouble des communications.

Si l'on considère que les chances de trouble ou de surprise vont en croissant avec le rayon d'action des postes, et qu'une puissante station comme celle de Poldhu pourrait être complètement paralysée par une station rivale établie à quelques centaines de kilomètres, on peut se demander si l'établissement de pareilles usines d'électricité est rationnel.

Appliquée à des distances modérées, la télégraphie sans fil est susceptible, au contraire, de rendre les plus grands services.

On sait obtenir actuellement des communications très sûres à des distances de 100 et 150 milles avec une dépense de quelques centaines de watts et une bonne bobine d'induction.

Le système qui paraît de beaucoup le meilleur comme rendement est le système mixte, qui consiste à faire usage de la transmission directe et de la réception par transformateur ou « jigger » sur cohéreur.

Nous avons vu que le « jigger » avait été imaginé pour obtenir la réalisation de l'accord avec un transmetteur de période déterminée, à faible amortissement.

En fait, l'expérience montre que l'on obtient, même avec la transmission directe *très amortie*, un notable accroissement de portée par l'usage d'un « jigger » convenable disposé sur l'antenne réceptrice. Le rôle que joue ce dispositif au point de vue de la résonance est donc assez obscur.

Il paraît agir d'abord comme transformateur en produisant une élévation de tension, et surtout en modifiant l'amortissement des oscillations communiquées à l'antenne réceptrice. Nous avons vu que l'amortissement du mouvement vibratoire de l'antenne réceptrice est relativement faible.

L'introduction du « jigger » aurait pour effet d'accroître sa valeur et de rendre ainsi maximum l'ébranlement reçu par le cohéreur.

Quoi qu'il en soit, le bénéfice que l'on retire d'un pareil dispositif est tel qu'il y a lieu désormais de le considérer comme faisant partie intégrante de l'appareil récepteur.

Il y a lieu de noter, d'ailleurs, que l'avantage qu'il procure dépend essentiellement du *genre* de détecteur utilisé. Les détecteurs qui paraissent le mieux se prêter à l'emploi du « jigger » sont les cohéreurs ordinaires à grande résistance de retour.

Si l'emploi du « jigger » procure un réel accroissement de portée des transmissions, il est assurément incapable de permettre la sélection certaine de signaux émis par différentes stations.

Cette circonstance est de nature à restreindre singulièrement les applications industrielles de la télégraphie sans fil. En fait, il arrive actuellement que les postes de la côte anglaise et nos postes du littoral de l'océan ou de la Manche enregistrent journellement des messages qui ne leur sont pas destinés.

Une autre cause contribue à donner aux communications une certaine insécurité. Les antennes élevées que portent les postes sont fortement influencées par l'électricité atmosphérique. Les effets perturbateurs sont de deux sortes : ceux qui pro-

---

[1] Pour obtenir l'effet maximum, il importe de réaliser avec soin l'accord des différents éléments de la transmission. On obtient cet accord en agissant sur la capacité des condensateurs et sur le nombre de spires secondaires des Tesla. L'indication est fournie par un ampèremètre thermique disposé en série à la base de l'antenne d'émission. On est averti que « l'accord » existe, c'est-à-dire que la portion d'énergie fournie à l'antenne est maxima, lorsque l'indication de l'instrument est la plus forte.

viennent des décharges oscillantes des coups de foudre plus ou moins lointains et ceux qui, causés par des variations lentes du champ terrestre, donnent des charges statiques à l'antenne.

On arrive à remédier en partie aux dernières causes de perturbation en disposant en dérivation sur l'antenne, avant la connexion avec le récepteur, une self-induction convenable reliée directement à la terre. Mais on réduit ainsi l'énergie utilisée.

Le meilleur procédé est celui qui consiste à réduire la sensibilité du récepteur, et à faire usage d'une énergie plus considérable à la transmission.

Nous croyons que l'on sera conduit en pratique à diminuer les portées actuelles. Ces portées sont obtenues par l'emploi simultané de « jiggers » et de cohéreurs sensibles. En associant au « jigger » des cohéreurs (ou autres détecteurs) moins sensibles, mais moins délicats, on obtiendra des distances de transmission beaucoup plus faciles à assurer d'une manière courante, et l'on échappera aux multiples causes de trouble que nous avons signalées.

C. Tissot,
Lieutenant de vaisseau.
Professeur à l'École Navale.

L'ALIMENTATION DES VILLES EN EAU POTABLE

PREMIÈRE PARTIE : PURIFICATION DES EAUX

Depuis le moment où la vapeur des nuages se condense pour former la pluie, l'eau rencontre sur son passage les substances les plus variées : matières minérales plus ou moins nuisibles, matières organiques provenant de décompositions animales ou végétales, petits organismes, excréments de toutes sortes. Elle dissoudra les unes, entraînera les autres et formera un liquide complexe, variable suivant les régions et d'un d'aspect plus ou moins agréable.

C'est à cette eau, sous ses diverses formes : rivière, lac, source, etc..., qu'on doit s'adresser pour l'alimentation des villes; mais on ne le fera, en général, qu'après qu'elle aura été reconnue *potable*. A ce moment, la difficulté commence, car, d'après la définition généralement adoptée, « une eau potable est une eau qui ne contient rien de nuisible pour l'homme et les animaux ».

Or, d'après les règles, peut-être un peu absolues, établies par le Comité consultatif d'Hygiène de France, une eau trop chargée de sels est indigeste ; elle n'est donc pas potable.

Une eau renfermant une dose un peu forte de nitrates, de nitrites, de phosphates, de chlorures ou de matières organiques a des chances d'avoir été contaminée par des déjections quelconques ou par les fumiers. Elle est suspecte.

Toute substance minérale autre que les sels alcalins et alcalino-terreux, le fer, l'alumine, la silice, le manganèse rend impotable l'eau dans laquelle elle est dissoute.

Enfin, la présence de microbes pathogènes rend l'eau mauvaise pour l'alimentation.

Les eaux souillées, pour servir à l'alimentation, doivent donc subir une purification qui les débarrassera des substances nuisibles qu'elles renferment. Cette purification peut se faire, soit *naturellement*, soit *artificiellement*.

I. — Purification naturelle des eaux.

Les progrès de la Bactériologie ont montré que toute substance organique peut, sous l'action de nombreuses espèces de microbes, se dégrader et aboutir finalement aux termes : acide carbonique, eau, hydrogène, etc., en un mot à un ensemble de corps très simples.

La présence de l'oxygène dans les eaux est nécessaire s'il l'on veut obtenir une dégradation rapide de la matière organique. Néanmoins, dans un sol pauvre en gaz, la dégradation peut se poursuivre, mais le terme final est l'ammoniaque, et non l'acide nitrique, comme cela résulte des travaux de MM. Muntz et Coudon, Bréal, etc.

La filtration à travers le sol, principalement la filtration intermittente comme elle se produit avec la pluie, amène une dégradation plus régulière de la matière organique, toujours grâce à la présence de l'oxygène, laquelle aboutit dans tous les cas à l'acide nitrique.

Dans les eaux courantes, dans les eaux stagnantes comme dans les eaux d'infiltration, la dégradation de la matière organique se poursuit. C'est une question de temps, variable avec l'aération du milieu, la nature de la matière organique et de ses microbes.

Comme ce processus de dégradation commence aussitôt que l'eau se trouve contaminée, on prévoit facilement qu'en l'éloignant de plus en plus du lieu de contamination, l'eau s'améliore au point de vue organique.

En même temps que la matière organique se

transforme, les microbes, pour la plupart, sont atteints.

La concurrence vitale, qui se manifeste à tous instants, élimine les espèces qui deviennent moins adaptées aux conditions de milieu. Ainsi, plus la matière organique se dégrade, plus l'arrivée de l'oxygène devient facile, d'où élimination des ferments anaérobies.

La fin du processus est l'apanage des ferments nitrifiants, qui ne vivent que là où la matière organique est en faible quantité. La concurrence vitale se traduit par une destruction de microbes, lesquels redeviennent matière organique se dégradant, dévorée par d'autres espèces jusqu'au moment où celles-ci seront attaquées à leur tour par de plus résistantes et de mieux appropriées qu'elles.

Cette action se trouve facilitée par d'autres. Ainsi, les eaux abandonnent dans leur course une série de matériaux, comme l'argile, qu'elles ont entraînés. Par suite du phénomène d'adhésion capillaire, ces dépôts entraînent les microbes de la surface dans les profondeurs. Ceux-ci ne sont pas tués, et ils repeupleraient le milieu d'où ils ont été précipités si ce dépôt n'était continu et si, grâce toujours à la concurrence vitale, un grand nombre d'espèces ne disparaissaient.

L'oxyde de fer, l'argile, l'alumine, quelquefois le carbonate de chaux sont les corps qui, le plus généralement, se déposent dans les eaux.

La décantation qui en résulte est complétée par une action très énergique due à la lumière solaire. Les expériences de P. Frankland et Marshall Ward, de Prausnitz, de Buchner, de Pansini, de Palermo, de Richardson, etc., ont établi cette action avec netteté. M. Roux a montré, en outre, que l'oxygène rend le phénomène plus énergique encore.

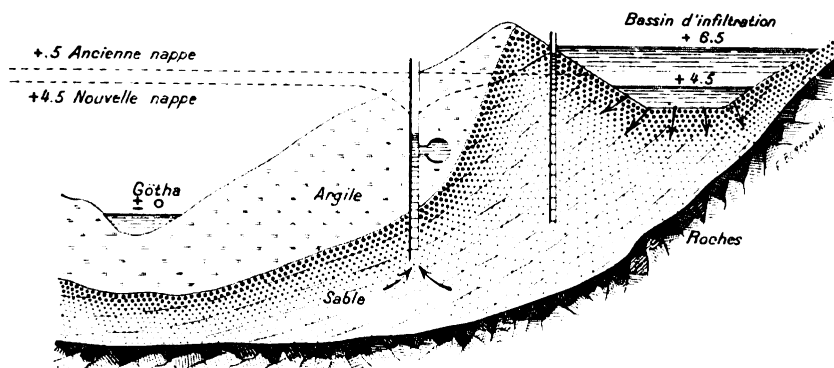


Fig. 1. — *Coupe transversale dans la vallée du fleuve Gotha.*

Ces différentes actions ne sont pas instantanées; il faudra un temps plus ou moins long pour obtenir une stérilisation presque complète des eaux.

Ainsi, le lac de Genève, qui, sur ses bords, renferme, d'après Fol et Dunant, 150.000 bactéries par centimètre cube, n'en a plus que 58 à 60 en son milieu.

L'action solaire sera d'autant plus active que les eaux seront plus claires. On pourrait la faire agir sur les aqueducs amenant l'eau de source pour compléter l'action incomplète du sol si, à cet avantage, ne venait se joindre un inconvénient plus grand : le réchauffement de ces eaux, surtout recherchées pour leur fraîcheur.

Le choc ou le perpétuel mouvement des eaux courantes contribue à l'auto-épuration de ces eaux. Cette action se complique souvent d'un phénomène d'adhésion capillaire. Les microbes, ainsi fixés, se créent autour d'eux un milieu défavorable, ce qui favorise l'action d'autres espèces et la mort des premières.

On retrouve ces phénomènes d'adhésion capillaire dans l'action du sol sur les eaux d'infiltration. Elles atteignent leur maximum d'intensité là où les interstices du milieu filtrant sont les plus faibles, comme dans le sable. Dans les terrains fissurés, suivant l'importance des fissures, l'action ne sera que partielle, mais encore suffisante pour obtenir, dans beaucoup de cas, une amélioration favorable.

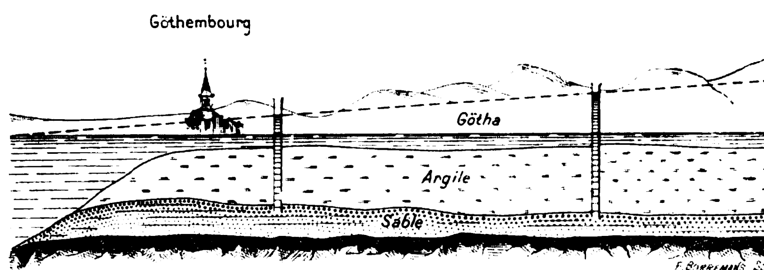


Fig. 2. — *Coupe longitudinale dans la vallée du fleuve Gotha.*

Tels sont, à peu près résumés, les différents moyens par lesquels les eaux se purifient naturellement. Ils contribuent à diminuer les espèces microbiennes, en arrêtant souvent les ferments pathogènes, et à brûler la matière organique, de façon à rendre l'eau défavorable à leur multiplication.

L'homme est même arrivé à les utiliser pour compléter l'action de la nature. Ce sont ces applications que nous allons aborder.

II. — Filtration des eaux sur des terrains naturels.

Si les moyens employés par la Nature pour purifier les eaux souillées sont multiples et variés, il arrive rarement de les rencontrer groupés de façon à opérer cette purification dans un délai court avec le maximum d'intensité.

Aussi la plus grande quantité des eaux qui sont à notre disposition n'ont subi qu'une purification souvent insuffisante.

On doit donc chercher à compléter cette action de la nature, soit en employant les mêmes moyens, soit en opérant chimiquement ou physiquement les oxydations de la matière organique et la destruction des microbes.

§ 1. — Filtration sur terrains sableux.

Il arrive souvent qu'on trouve à sa proximité des terrains sableux dont les sources ne sont pas assez abondantes pour satisfaire les besoins, tout en étant irréprochables comme qualité. Si l'on dispose d'une rivière ou d'un fleuve, on peut se proposer d'augmenter le débit des sources en faisant arriver sur le sol sablonneux les eaux de la rivière qui s'infiltreront. C'est M. Richert, de Stockholm, qui a mis ce procédé en pratique pour l'alimentation de la ville de Gothembourg.

L'eau du fleuve Gotha est élevée au moyen de pompes dans des bassins d'infiltration installés sur la couche sableuse. Celle-ci, comme l'indiquent les figures 1 et 2, est encastrée entre deux couches imperméables. Au moyen d'un puits, on pompe l'eau de la nappe dans la partie inférieure.

D'après les données de M. Richert, l'eau pompée est stérile. Elle renferme une certaine quantité d'ammoniaque, due, probablement, à ce que, dans un sol aussi humide, la nitrification est faible et la matière organique ne se dégrade que jusqu'au terme ammoniaque.

Dernièrement, M. Janet est venu proposer un moyen semblable d'épuration des eaux potables, en utilisant les sables marins, en particulier le sable de Fontainebleau. Il a signalé, aux environs de Paris, la butte de Montmorency, formée de 60 mètres de sable de Fontainebleau, reposant sur une couche argileuse de marnes à huîtres et imperméable. Le procédé demanderait à être expérimenté sur une petite échelle, car il y a quelques inconvénients à surmonter. Le captage d'eau dans les sables est une opération très difficile, comme nous le verrons par la suite.

Les sables fluviatiles ont été préconisés par M. Richert, à la place des sables marins. Ils sont moins réguliers et en couches moins épaisses. Si la filtration n'aboutit pas à une stérilisation absolue, on peut supposer que la filtration sera suffisante pour améliorer considérablement les eaux des rivières ou des fleuves. Nous reviendrons plus loin sur les divers projets signalés par M. Richert.

§ 2. — Filtres à sable artificiels.

Le système précédent nécessite une surface de terrain assez considérable. D'autres moyens, plus réduits et plus puissants, permettent d'obtenir un résultat satisfaisant. L'un de ces moyens est donné par les filtres à sable.

Les premiers furent construits en 1828 par

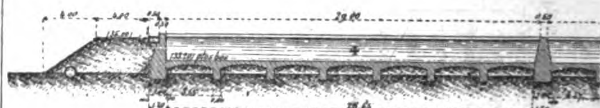


Fig. 3. — *Coupe longitudinale des bassins filtrants à l'usine d'Ivry.*

Simpson en Angleterre. Leur but était de clarifier les eaux trop chargées de matières argileuses en suspension. Ce n'est que dans la suite qu'on s'aperçut qu'ils avaient une action chimique et bactériologique sur les eaux.

Un filtre à sable se compose essentiellement d'une cuve en maçonnerie remplie de différentes

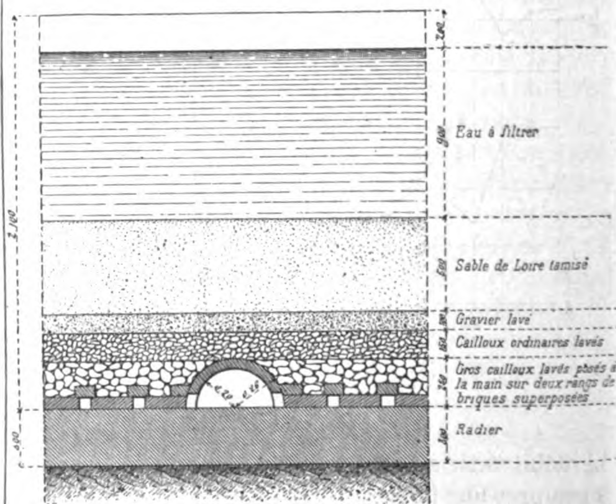


Fig. 4. — *Constitution d'un bassin filtrant à l'usine d'Ivry.*

couches de sables de différentes grosseurs. Les figures 3 et 4 montrent la disposition d'un filtre établi aux usines d'Ivry pour la filtration des eaux de la Seine. On dispose les gros graviers et cailloux à la partie inférieure, le petit gravier à la partie supérieure. Le sable fin est celui qui joue le rôle le plus important, les autres couches ne servent guère que de support. La taille des grains varie de 1/8 à 1 millimètre de grosseur. L'épaisseur de cette couche de sable est très variable suivant les installations, comme l'indique le graphique

de la figure 5. Il en est de même de l'épaisseur de l'eau qu'on maintient sur ce sable.

Un dispositif spécial règle l'arrivée de l'eau, de façon à obtenir un niveau constant.

Pour remplir le filtre, on commence par faire arriver l'eau à la partie inférieure. L'air contenu dans les interstices se trouve chassé ; on évite ainsi la formation de chapelets de Jamin qui opposeraient à la descente de l'eau une grande résistance.

Le filtre une fois rempli, on renverse le sens du courant et l'eau se déverse par la partie supérieure.

des microbes. Les études de Piefke furent concluantes à ce sujet. C'est la couche biologique de la surface qui joue le rôle prédominant. En enlevant cette couche, le filtre donne de très mauvais résultats.

Les microbes arrêtés au passage sont aux prises avec d'autres organismes mieux adaptés qu'eux aux conditions de milieu. Ils vont subir l'action de la concurrence vitale et, pour la plupart, se trouver détruits et digérés ensuite peut-être par un mécanisme analogue à celui qu'ont découvert M. Mesnil avec les coccidies et M. Mouton avec les amibes.

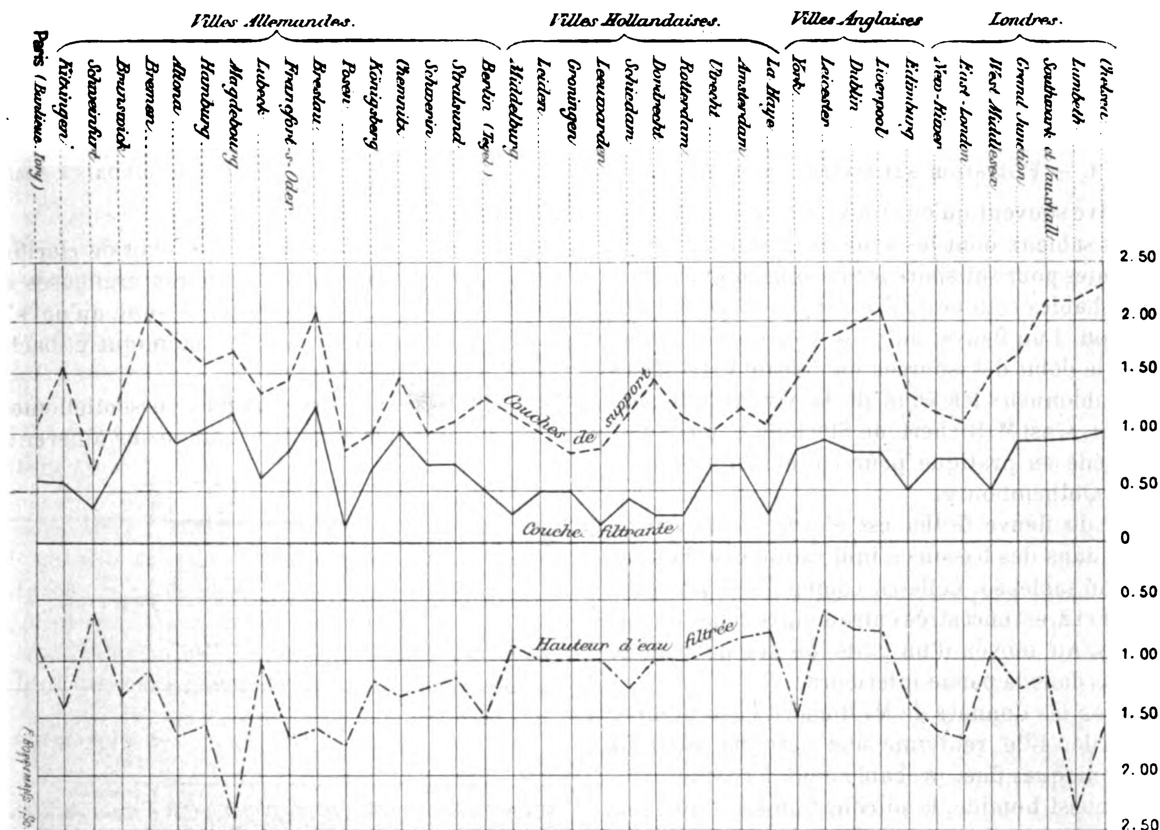


Fig. 5. — *Dispositions des différentes installations de filtres à sable en Europe.*

Le débit varie suivant les installations. L'eau met à peu près une heure pour parcourir de 0m10 à 0m15 de sable.

En étudiant ces filtres, on s'est aperçu qu'au point de vue bactériologique, les résultats étaient mauvais pendant les premiers jours du fonctionnement. Plus tard, on voit le débit diminuer en même temps que la matière organique et le nombre des germes. La réduction des microbes est de 96 à 98 °/o du nombre initial. Enfin, au bout de quelque temps encore, le débit du filtre devient insuffisant et il faut le nettoyer.

En examinant la surface du filtre, on s'aperçoit qu'elle est recouverte d'une couche grisâtre qui, examinée au microscope, renferme des algues et

Cette couche biologique ne doit pas agir toute seule. Il faut bien admettre que les 50 centimètres de sable sont nécessaires pour compléter l'action de la couche biologique et amener des transformations chimiques dans l'eau elle-même. Les expériences de Lawrence ont donné les résultats suivants :

	EAU brute	EAU filtrée	RÉDUCTION °/o
	milligr.	milligr.	
Matières organiques (en oxygène du permanganate) . .	3,9	2,8	28,2
Ammoniaque libre	0,084	0,068	19,0
Ammoniaque albuminoïde. .	0,202	0,189	46,0
Nitrates (en azote)	0,14	0,31	»
Nitrites (en azote).	0,003	0,005	»
Nombre de bactéries (par centimètre cube).	14.000	258	98,16

On constate donc un phénomène de nitrification assez active dans l'intérieur du filtre.

L'action du filtre à sable n'est, en résumé, qu'une adaptation intensive de moyens naturels. On augmente l'action vitale de façon qu'elle donne son maximum d'intensité.

La durée pendant laquelle un filtre forme sa couche biologique est appelée *période de mûrissement*. Elle varie de huit jours à quatre semaines, selon la pureté de l'eau.

Un filtre mûr peut servir de quinze à vingt-cinq jours, temps au bout duquel son débit devient trop faible. On enlève alors la couche biologique et le sable sur une épaisseur de 10 à 20 centimètres, sable qu'on remplace par du sable neuf, et on recommence la période de mûrissement.

Tout ceci n'est que le gros du procédé généralement connu. En continuant les études, on s'aperçut que ce filtre à sable est un instrument plus délicat qu'on ne l'avait soupçonné au premier abord.

On y utilise la concurrence vitale. Or, celle-ci est soumise aux variations des conditions extérieures. Qu'une espèce active vienne à ne plus trouver dans la couche biologique des conditions favorables, elle sera chassée par une autre espèce mieux adaptée, d'où lutte, pendant laquelle les microbes pathogènes pourront passer.

Le Bureau d'Hygiène de l'État de Massachusetts, qui a étudié la flore des filtres à sable, la divise en trois parties : 1° Les algues vertes; 2° Les algues bleues; 3° Les algues brunes.

Suivant les saisons, la température, l'eau sera peuplée de l'une quelconque de ces trois espèces, sans compter d'autres organismes dont quelques-uns finissent par rendre le filtre inutilisable. Un travail très intéressant de Kemma, d'Anvers, nous montre combien la surveillance de ces filtres doit être active.

Ainsi, il arrive souvent que des algues flottent à la surface du filtre. Tant qu'elles flottent, on n'a rien à craindre; mais il faut arrêter la filtration aussitôt que l'eau se clarifie, parce que ces algues sont mortes et communiquent à l'eau une saveur désagréable.

L'éponge d'eau douce (*Spongilla*) a été accusée de corrompre les eaux en Amérique. Les Daphnés sont gênantes, ainsi que quelques Crustacés.

Deux insectes peuvent troubler le fonctionnement du filtre : l'un est un petit moustique, dont la larve rouge sanguin se construit un tube avec des grains de sable. Au moment de la métamorphose, ces animaux quittent le fond pour venir à la surface. La couche biologique se trouve criblée et le filtre débite beaucoup plus. A ce moment, les hirondelles apparaissent sur les filtres, ce qui est une indication.

Les *Corisea* (Hémiptères) se mettent à ramener à la surface les débris de la couche biologique du filtre et troublent l'eau.

Un filtre est donc sujet à mal fonctionner à chaque instant; aussi faut-il recommander une surveillance active, sous peine de graves mécomptes.

Les filtres ouverts fonctionnent mieux que les filtres fermés. La lumière solaire et l'oxygène, qui contribuent pour une certaine part à la stérilisation de l'eau, viennent ajouter leur action tout en activant la couche biologique.

Une eau trop chargée de matières en suspension obstrue trop facilement le filtre, qui serait rapidement hors d'usage. Une richesse trop grande en microbes risquerait de surcharger l'action de la couche biologique, d'où moindre épuration. Il faut *dégrossir* les eaux trop sales, soit en pratiquant au préalable une filtration grossière, soit en laissant l'eau se décanter.

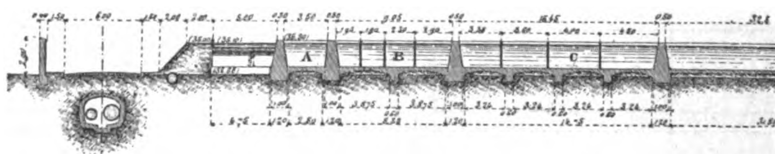


Fig. 6. — *Coupe transversale des bassins de décantation à l'usine d'Ivry.*

La filtration grossière consiste à faire passer sur un filtre, en période de maturation, l'eau qu'on veut purifier. Elle contribuera au mûrissement du premier filtre et passera ensuite sur un filtre mûr. Cette disposition exige que les filtres à sable puissent s'accoupler deux à deux. Cette manière de dégrossir est assez fréquente, comme on peut s'en apercevoir dans le Tableau I (pages 986 et 987) donnant la disposition adoptée pour quelques villes allemandes.

Dans d'autres cas, on préfère la décantation. On possède de grands bassins (fig. 6), où l'eau est amenée et abandonnée à elle-même pendant quelque temps. Les dépôts qui se forment restent dans le bassin et l'eau est envoyée sur le filtre à sable. Ici encore, l'action de la lumière solaire n'est pas à négliger, et il faut compter sur elle pour obtenir un bon résultat.

Pour les eaux moins chargées, le système Puech est préférable parce qu'il occupe une moindre surface. Voici comment les appareils qu'utilise ce système (fig. 7 à 9) sont décrits par l'inventeur :

« L'appareil se compose de couloirs rectangulaires juxtaposés, d'une dimension égale, 22 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur. Un mur crépi au ciment entoure tout l'ouvrage, qui est presque au ras

du sol. La profondeur est de 1m,80. Le fond est cimenté. Deux cloisons en briques, cimentées également, séparent les bassins en les rendant indépendants.

« Des tôles perforées, qui ont 1 mètre sur 2 et 4 millimètres d'épaisseur, sont posées de niveau, à côté les unes des autres, mais indépendantes. Elles forment comme un plancher à jour sur toute l'étendue de trois couloirs. Ce plancher reçoit une couche de gravier. L'épaisseur est de 0m,35 à l'amont pour se réduire à 0m,20 à l'aval, ce qui détermine une pente totale sur le gravier de 0m,15.

« L'eau brute, admise dans la cuvette d'amont du couloir 1, envahit la couche de gros gravier, la traverse, remplit le double fond et vient se déverser dans la cuvette d'aval. Quand le niveau est suffisamment monté dans le couloir 1, on met celui-ci en communication avec le couloir 2. L'eau pénètre dans la cuvette d'aval, atteint la couche du gravier moyen, la traverse et, après avoir rempli le double fond, monte au niveau voulu. Aussitôt, on ouvre la communication avec le couloir 3. L'eau pénètre dans la cuvette d'aval, puis sur la couche de gravier fin et dans le double fond. Quand

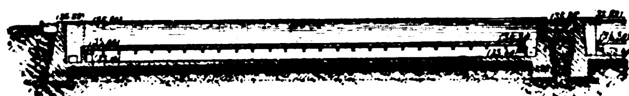


Fig. 7. — *Coupe longitudinale suivant AB.*



Fig. 8. — *Coupe transversale suivant CD.*

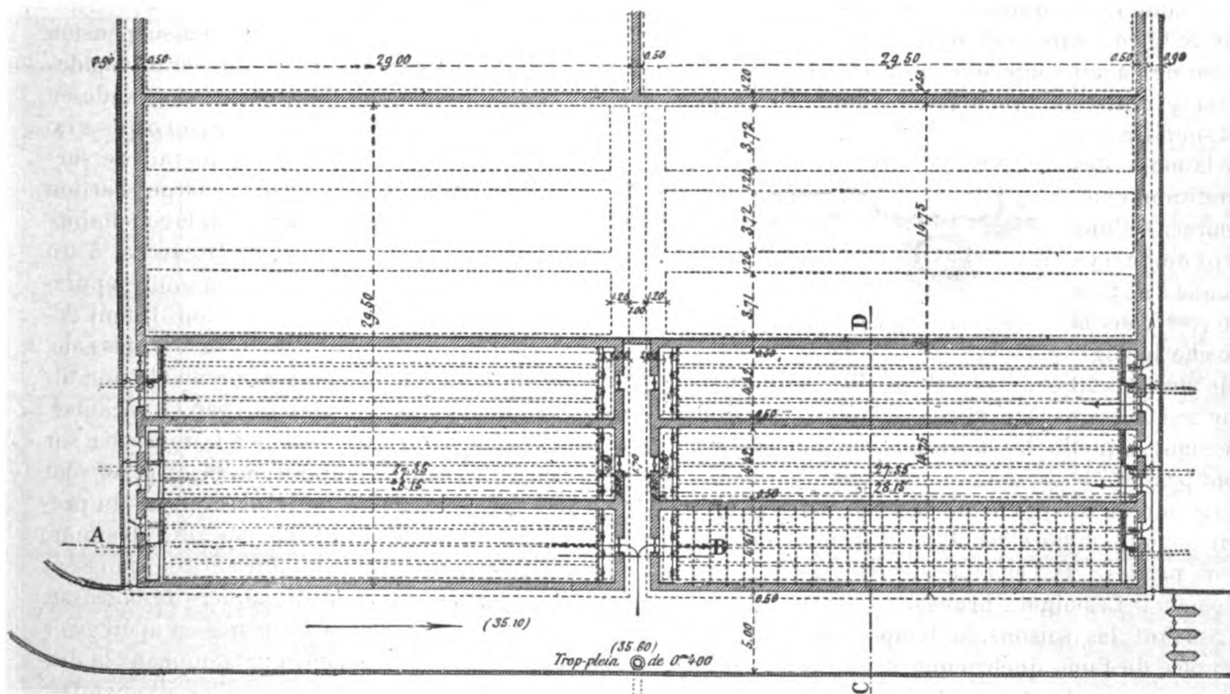


Fig. 9. — *Plan des filtres dégrossisseurs, système Puech.*

« La perforation de ces tôles n'est pas la même d'un couloir à l'autre. La grosseur des graviers contenus dans chacun diffère également. C'est ainsi que le couloir 1 est garni de tôles à trous ronds de 10 millimètres de diamètre, qui supportent du gravier criblé de 12 à 15 millimètres de diamètre. Le couloir 2 a des tôles à trous ronds de 8 millimètres, qui supportent du gravier criblé de 10 millimètres. Quant au couloir 3, les trous de ses tôles sont oblongs et ont 4 millimètres de largeur sur 12 millimètres de longueur. Le gravier criblé est ici de 6 à 8 millimètres. Sous ces tôles, le double fond décrit une pente dans la même direction, mais plus forte, égale à 0m,25.

le niveau est établi, on amène l'eau dégrossie trois fois par un conduit vers les filtres définitifs. »

L'eau a abandonné sur ces différents graviers les diverses impuretés qu'elle tenait en suspension. Ces dégrossisseurs ont besoin d'être nettoyés assez souvent, mais les débits qu'ils fournissent sont considérables.

Quelquefois, on favorise le dépôt des particules des eaux au moyen d'un coagulant comme l'oxyde de fer. Le système Anderson est basé sur ce procédé. L'eau est battue avec de gros boulets en fonte. Le fer qui se dissout dans l'eau est oxydé à l'air et se dépose, entrainant les impuretés. Le Tableau I, que nous avons extrait d'un récent travail de

M. Chabal, montre l'utilité d'une décantation ou d'une filtration préalable.

En Allemagne, la surveillance des filtres est assez active. On a adopté des règles qu'on améliorera, sans doute, au fur et à mesure que l'usage forcera à les modifier. Ces règles, que nous indiquons en note[1], résument les précautions à prendre dans la conduite d'un filtre.

§ 3. — **Autres systèmes de filtres à sable.**

Différents systèmes ont modifié un peu le filtre à sable primitif. Le système des plaques filtrantes de Fischer (sable agglutiné au moyen de silicate de soude en grandes plaques de 1 mètre carré de surface) permet de réduire la surface du filtre à sable et d'augmenter sa puissance.

TABLEAU I. — *Influence de la préparation préalable des eaux pa*

VILLES	TYPE de l'installation	TRAITEMENT PRÉALABLE DES EAUX avant leur admission sur les filtres à sable		NATURE DES EAUX BRUTES teneur bactériologique approximative (colonies par centimètres cubes)			NATURE DES EAUX DÉGROSSIES par décantation teneur bactériologique approximative		
		décantation (durée)	infiltration	maximum	minimum	moyenne normale	maximum	minimum	moyenne normale
Rotterdam. (Eau de la Meuse, rivière à marée.)	Filtres découverts.	1 jour à 1 jour 1/2.	Néant.	50.000	2.000	10.000	16.000	1.000	1.000
Schiedam. (Eau de la Meuse, rivière à marée.)	Filtres découverts.	1 jour.	Préfiltration réalisée à l'aide d'une installation filtrante ordinaire.	Mêmes eaux qu'à Rotterdam; les prises d'eaux des deux établissements sont situées à 8 kilomètres l'une de l'autre.			Comme à Rotterdam.		
Hambourg. (Eau de l'Elbe, rivière à marée.)	Filtres découverts.	1 jour à 3 jours.	Néant.	40.000	400	2.000	4.000	140	800
Berlin. Muggelsee. (Eau du lac Muggel.)	Filtres couverts.	Décantation naturelle par le lac Muggel.	Néant.	6.500	100	700	6 500	100	700
Zurich. (Eau du lac de Zurich.)	Filtres couverts.	Décantation naturelle par le lac de Zurich.	Préfiltration réalisée à l'aide d'un dégrossisseur à gravier ; simple filtration.	10.000	200	1.500	10.000	200	1.500

[1] *Règles édictées en 1894 par le « Gesundheitsamt » pour la filtration des eaux de surface (notamment en cas de danger de choléra).*

1° Pour apprécier la qualité d'une eau de surface filtrée, il y a lieu d'observer spécialement les points suivants :

a. L'effet d'un filtre peut être regardé comme satisfaisant lorsqu'il réduit le nombre des germes au minimum, sans dépasser la limite que l'expérience a montré pouvoir être atteinte par l'ouvrage considéré. Si l'on n'a pu encore réunir de données suffisantes sur les conditions locales de chaque ouvrage, notamment en ce qui regarde l'influence de l'eau brute, on prendra pour règle que *le produit d'un filtre ne devra pas contenir plus de 100 germes environ par centimètre cube.*

b. L'eau filtrée doit être aussi claire que possible, et, en ce qui regarde la couleur, le goût, la température et la composition chimique, ne doit pas être plus mauvaise qu'avant la filtration.

2° Pour contrôler constamment l'efficacité bactériologique de la filtration, on doit analyser *tous les jours* le produit de chaque filtre isolément : tout accroissement brusque du nombre des bactéries doit faire soupçonner et rechercher une cause de perturbation.

3° Pour permettre les recherches bactériologiques mentionnées au paragraphe 1, chaque filtre doit être construit de façon qu'on puisse à tout instant prélever un échantillon de l'eau qu'il fournit.

4° Pour assurer l'uniformité de méthode des analyses bactériologiques, le procédé suivant est recommandé :

Le milieu nutritif sera la gélatine peptonée à l'extrait de viande à 10 %. On conservera les plaques aux environs de 20° et on fera la numération des colonies à la loupe, quarante-huit heures après l'ensemencement.

Si l'on conserve les plaques à une température inférieure à 20°, le développement des colonies étant lent, la numération devra être plus tardive.

Si le nombre des bactéries par centimètre cube dépasse 100, la numération est facilitée par l'appareil de Wolffhügel.

5° Les personnes chargées des analyses bactériologiques doivent prouver qu'elles sont expertes en la matière, et appartenir autant que possible au personnel régulier de l'installation.

6° Quand le produit d'un filtre ne répond plus aux condi-

La double filtration de Gœtze est une modification des filtres à sable.

Malheureusement, le filtre à sable est trop délicat. Très utiles dans les grandes villes, qui peuvent entretenir un laboratoire pour les surveiller, ils rendent un service aléatoire dans les petites villes, qui ne peuvent surcharger leur budget. Il serait désirable de trouver un filtre à sable mélangé à une substance insoluble dans l'eau et telle qu'elle tuât la majorité des microbes, surtout les microbes pathogènes, sans être obligé de faire quotidiennement des analyses ou de faire mûrir le filtre.

La substance introduite dans l'eau agirait par contact sur le microbe. Il faudrait donc qu'elle fût bien divisée. A ce moment, l'emploi du filtre à sable pourrait se généraliser pour le grand bien de l'hygiène.

écantation ou préfiltration sur le résultat final de l'opération du filtrage.

NATURE DES EAUX DÉGROSSIES par préfiltration teneur bactériologique approximative			NATURE DES EAUX DÉGROSSIES admises sur les filtres à sable définitifs		NATURE DES EAUX livrées à la consommation sortant des filtres définitifs teneur bactériologique moyenne		VITESSE NORMALE
maximum	minimum	moyenne normale	aspect	teneur bactériologique moyenne	numération réelle avec 48 heures d'incubation	numération probable après 15 jours d'incubation	de filtration à l'heure
Néant.	Néant.	Néant.	Tantôt claires, tantôt louches.	1.000	70 Écarts de 5 à 200 bactéries (1899).	515	6 à 10 centimètres. Taille effective du sable : 0 mill. 38.
300	100 (Préfiltration lente.)	200	Toujours extra-claires.	200	10 Écarts de 5 à 20 bactéries (normal).	74	6 à 10 centimètres. Taille effective du sable : 0 mill. 19.
Néant.	Néant.	Néant.	Tantôt claires, tantôt légèrement louches.	800	20 Écarts de 5 à 70 bactéries (1901).	147	6 à 8 centimètres. Taille effective du sable : 0 mill. 31.
Néant.	Néant.	Néant.	Claires.	700	20 Écarts de 5 à 70 bactéries (1899-1900).	147	6 à 10 centimètres. Taille effective du sable : 0 mill. 35.
3.000	200 (Préfiltration rapide.)	700	Toujours extra-claires.	700	25 Écarts de 5 à 130 bactéries (1899-1900).	184	15 à 25 centimètres. Taille effective du sable : 0 mill. 29.

tions hygiéniques requises, il doit être rejeté tant que de nouvelles analyses bactériologiques n'ont pas prouvé que la cause de trouble a été écartée.

Si un filtre ne donne plus, pendant un certain temps, qu'un débit insuffisant, il doit être mis hors de service, jusqu'à découverte et correction de la cause perturbatrice.

Il peut arriver que, dans certains cas et certaines conditions inéluctables, en temps de crue par exemple, il soit impossible de donner de l'eau répondant aux exigences du paragraphe 1 : en ce cas, il faut bien se contenter de livrer de l'eau moins pure, mais, si les conditions l'indiquent (comme en cas d'éclosion d'une épidémie), on devra en donner avis au public.

7° Pour pouvoir rejeter une eau insuffisamment filtrée et ne répondant plus aux conditions requises (§ 6), chaque filtre doit être construit de manière à permettre d'isoler son produit de la canalisation d'eau pure et de l'évacuer. Cette évacuation doit avoir lieu, autant que possible, régulièrement : 1° aussitôt après qu'on a enlevé le dessus de la couche de sable; 2° quand on a renouvelé entièrement cette couche. Le directeur appréciera, d'après l'expérience que lui auront donnée les examens bactériologiques, au bout de combien de temps après le nettoyage ou le renouvellement du sable le filtre aura recouvré son efficacité et pourra être remis en service.

8° Une bonne installation doit comporter une surface filtrante largement calculée et une réserve suffisante, afin que la vitesse de filtration reste modérée et soit bien proportionnée aux conditions locales et à la qualité de l'eau brute.

9° Chaque filtre doit pouvoir se régler directement, et on doit pouvoir contrôler la quantité et les caractères de son produit, ainsi que sa perte de charge : il doit pouvoir être vidé seul complètement, et, après un nettoyage, on doit pouvoir le remplir de bas en haut, jusqu'au dessus de la surface supérieure du sable.

10° La vitesse de filtration doit pouvoir être établie pour chaque filtre au taux qui résulte des conditions les plus favorables; elle doit être régulière et à l'abri de toute variation ou interruption brusque. Dans ce but, on doit avoir des réservoirs capables de parer aux variations horaires de la consommation pendant la journée.

11° Les filtres doivent être agencés de manière à ne pas

1. *Filtres américains.* — Les filtres à sable ont des avantages; ils ont aussi des inconvénients. En dehors de la fragilité de la couche biologique, ils ne peuvent être employés dans les pays froids, où l'eau serait exposée à être congelée. De plus, ils ne peuvent recevoir d'eaux très troubles, comme on en rencontre fréquemment en Amérique, ou des eaux de sources impures, car le murissement est impossible. Enfin, leur débit est faible et exige d'assez grandes surfaces.

C'est pourquoi les Américains ont modifié le filtre à sable, de façon à lui faire rendre comme débit de 30 à 50 fois celui du filtre ordinaire et à pallier à ces inconvénients.

Les modèles en sont nombreux; mais, sans entrer dans le détail de chacun, nous en donnerons le principe. Dans une eau calcaire, le sulfate d'alumine se décompose pour donner naissance à du sulfate de chaux et à de l'alumine. Cet oxyde se dépose et entraîne avec lui une certaine quantité de microbes et les matières en suspension renfermées dans l'eau traitée. Ce mélange est passé sur un tambour horizontal ou vertical contenant du sable. L'alumine s'arrêtera sur le filtre, entrera dans les pores et contribuera à la filtration des eaux.

L'eau est filtrée sous pression, l'oxyde précipité offrant au déplacement de l'eau à travers le sable une résistance considérable.

D'autre part, un filtre débitant beaucoup doit être fréquemment nettoyé. Un dispositif spécial permet, à cet effet, de faire passer de l'eau propre en sens inverse du courant primitif, en même temps qu'un agitateur remue le sable et favorise le lavage.

Ce filtre américain débite plus que le filtre à sable dit anglais. Sa réduction microbienne, la seule envisagée ici, est de 98 à 99 °/₀.

être influencés dans leur travail par les variations de niveau du réceptacle des eaux filtrées.

12° La perte de charge due à la filtration ou à l'accroissement de pression sur le filtre ne doit jamais devenir assez grande pour produire des ruptures de la couche supérieure filtrante (membrane) : la limite à laquelle la surélévation de la pression doit s'arrêter doit être fixée dans chaque cas par l'étude bactériologique.

13° Chaque partie de la surface d'un filtre doit agir également et absolument comme les autres.

14° Le fond et les parois d'un filtre doivent être étanches, et l'on doit éviter que l'eau brute du dessus puisse se frayer un chemin quelconque pour gagner les drains d'eau filtrée; il faut notamment veiller à tenir bien étanches les ventouses destinées à l'aération des conduits d'eau pure.

15° L'épaisseur de la couche de sable doit être assez grande pour ne jamais être réduite par les nettoyages au-dessous de 0m,30, et on doit autant que possible rester au-dessus de cette limite.

La plus grande attention doit être donnée à la couche supérieure, qui doit être établie et maintenue dans les conditions les plus favorables à la filtration : pour cela, dès qu'en cas de renouvellement on a enlevé la couche supérieure du sable sali, on mettra de côté la tranche immédiatement sous-jacente du sable coloré et on la rapportera au-dessus du sable neuf dont on remplit le filtre.

Ces filtres ont un inconvénient. Il faut des eaux calcaires. D'autre part, il est nécessaire d'installer, avant le filtre, des bassins où l'on versera le sulfate d'alumine en ayant soin de ne mettre que la quantité suffisante sans excès.

C'est une affaire d'analyse, où une petite erreur peut avoir de graves conséquences.

Les eaux employées ne doivent pas être trop chargées en matières organiques. On comprend qu'avec une telle vitesse de filtration, les phénomènes biologiques soient très réduits.

2. *Filtres Howatson.* — Parmi un grand nombre de filtres, qui sont, pour la plupart, des dégrossisseurs plutôt que des filtres, comme ceux de Desrumeaux, Dervaux, Delhotel et Moride, Buron, Krœhnke, etc., nous citerons le filtre Howatson (fig. 10), qui est un filtre à sable précédé d'un dégrossisseur et utilisant les propriétés oxydantes d'un corps appelé *la polarite*, composé d'oxyde de fer magnétique (54 °/₀), de silice (25 °/₀), avec addition de quelques autres corps : chaux 2 °/₀, alumine 6 °/₀, magnésie 7 °/₀ et alcalis 6 °/₀. Ce corps agirait comme la mousse de platine, absorberait l'oxygène de l'air et le concentrerait sur les matières organiques qu'il oxyderait. La durée d'action est de six semaines, après quoi il faut revivifier la polarite au moyen d'un courant d'air.

L'eau commence par passer sur un dégrossisseur, composé d'une couche filtrante D formée de silex concassé supporté par un double fond rainé, perforé d'un grand nombre de trous, puis passe dans le filtre à sable à polarite. La filtration est intermittente. Ce filtre marche, par jour, avec un débit de 6 mètres cubes par mètre carré de surface. La réduction des matières organiques serait, d'après l'inventeur, de 80 à 85 °/₀ et la réduction microbienne de 99 à 99,5 °/₀.

III. — Purification chimique des eaux.

On a cherché depuis quelques années des procédés capables d'opérer plus rapidement et d'une façon plus complète que les microbes. Les aléas des filtres à sable, la longue durée du mûrissement sont à considérer dans les villes où la quantité d'eau à traiter est considérable. Il peut arriver, en outre, que, par une circonstance fortuite, telle qu'une chaleur subite, la consommation de l'eau augmente beaucoup. Si les filtres à sable ne sont pas mûrs, il est nécessaire d'envoyer des eaux mal épurées.

Au contraire, avec les procédés chimiques, on est toujours préparé pour subvenir à tous les besoins.

Ces procédés sont, pour la plupart, des procédés

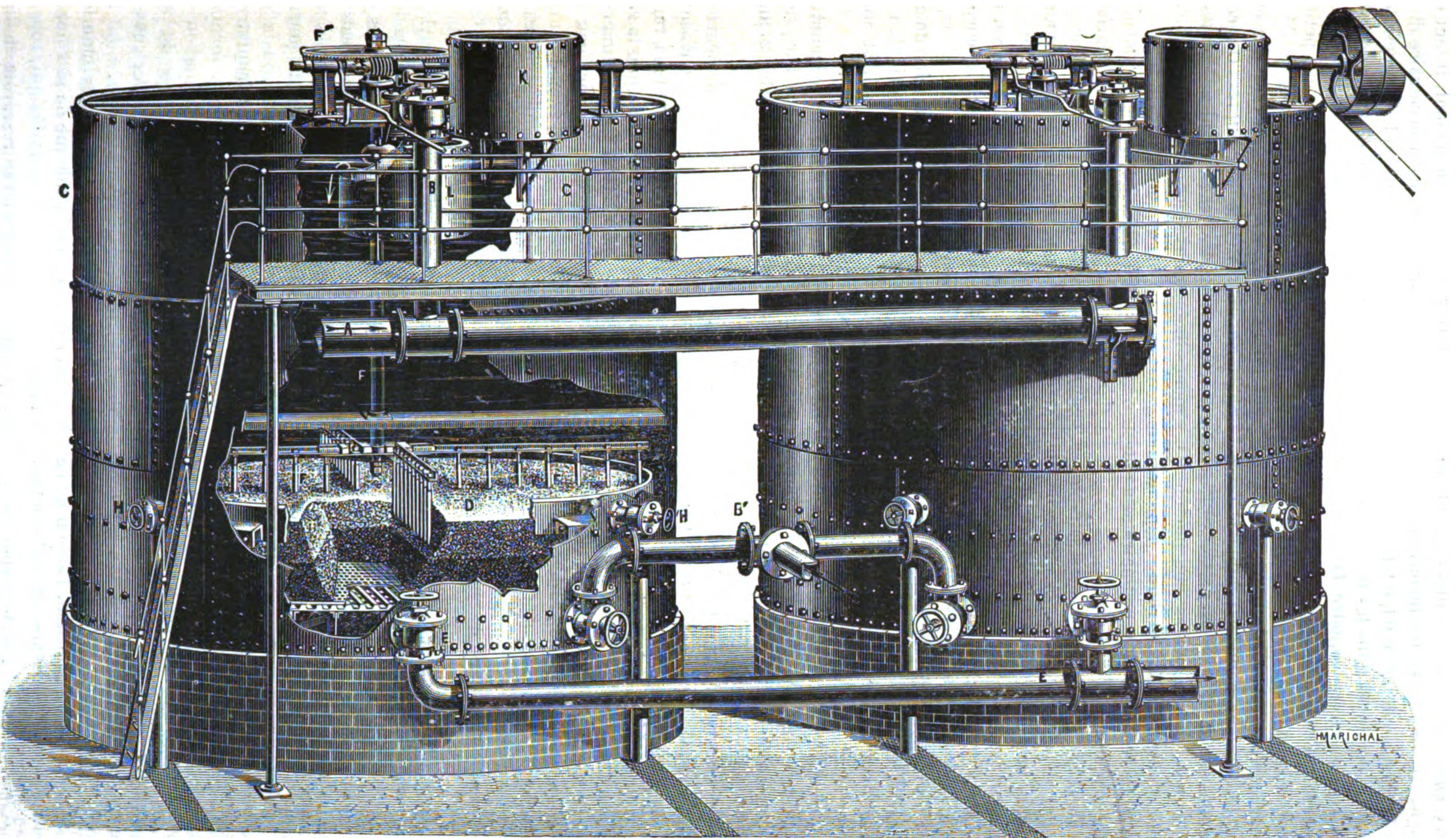


Fig. 10. — *Filtres Howatson.* — C, réservoir cylindrique; A, arrivée de l'eau brute; D, couche filtrante; E, robinet de sortie de l'eau clarifiée; F, agitateur à palettes mû par le cabestan F'; H, H', vannes pour le nettoyage du filtre.

d'oxydation. On cherche à détruire la matière organique et les microbes par un oxydant énergique.

La condition nécessaire est de ne pas laisser subsister après traitement une substance toxique quelconque. Il sera donc nécessaire de l'éliminer d'une façon convenable.

On a employé le chlorure de chaux et les hypochlorites, l'iode, le brome, le permanganate de chaux ou de potasse, le peroxyde de chlore, l'eau oxygénée, le peroxyde de sodium, le chlorure de cuivre, l'ozone.

Le chlorure de chaux est un antiseptique; il suffit d'ajouter à l'eau traitée du sulfate de chaux pour obtenir un sulfate inoffensif.

L'iode est un antiseptique à la dose de $\frac{1}{100.000}$ et un oxydant. On le transforme par l'hyposulfite en tétrathionate de sodium et iodure de sodium inoffensifs aux doses présentes.

Le brome, oxydant et antiseptique, est transformé à l'état de bromhydrate d'ammoniaque inoffensif.

Le permanganate de potassium est un oxydant énergique et un puissant antiseptique. Ajouté en excès à l'eau, il tue les microbes. On enlève cet excès au moyen d'un filtre au charbon.

MM. Girard et Bordas ont remplacé le permanganate de potasse par celui de chaux. L'excès est décomposé en filtrant à travers un bloc de bioxyde de manganèse. Dans ce procédé, il ne reste dans l'eau qu'un peu de chaux, corps non nuisible.

§ 1. — Procédé Bergé.

Ce procédé consiste dans l'emploi du gaz obtenu par l'attaque du chlorate de potasse au moyen d'acide sulfurique étendu de la moitié de son volume d'eau.

La réaction est représentée par la formule :



$$3ClO^3K + 2SO^4H^2 = ClO^4K + 2SO^4HK + 2ClO^2 + H^2O.$$

Le peroxyde de chlore est un gaz peu stable, soluble dans l'eau. La fabrication n'est pas exempte de dangers.

Sous l'action de ce corps, les microbes sont tués, la matière organique réduite. Il faut, comme pour le permanganate, ajouter un excès de réactif pour obtenir un effet certain. Cet excès est enlevé en faisant ruisseler l'eau sur le coke.

L'excès se reconnait en ajoutant à l'eau de l'iodure de potassium et de l'emploi d'amidon. Le peroxyde de chlore donne une coloration bleue.

On commence par faire une solution concentrée de peroxyde de chlore dans l'eau, ce qui permet la répartition plus régulière de l'antiseptique.

En outre des dangers d'explosion, l'action de ce corps sur les matières organiques est mal connue. On ignore s'il ne se produit pas de combinaisons toxiques de ce gaz avec la matière organique.

D'autre part, Schoops a récemment fait voir qu'il se ferait des hypochlorites et des chlorates. De plus, le peroxyde de chlore attaque les tuyaux de plomb, ce qui ne serait pas sans danger pour les consommateurs.

La réduction microbienne par ce procédé est très grande; la réduction organique ne dépasse guère 60 °/₀. La ville d'Ostende, qui avait commencé l'emploi de ce procédé, semble l'avoir à peu près abandonné à la suite de quelques accidents.

§ 2. — Procédé par l'ozone.

L'ozone est l'oxydant par excellence qui, par sa composition, n'introduit aucune substance nuisible. En se décomposant, il donne de l'oxygène, dont la présence dans les eaux est nécessaire. Malheureusement, c'est un gaz insoluble dans l'eau, de telle sorte qu'il faut le bien répartir dans l'eau pour qu'il en tue tous les microbes.

C'est en 1893 que le baron de Tindall entreprit à Oudshoom, près de Leyde, des expériences de stérilisation en grand sur les eaux souillées du vieux Rhin. Les résultats furent favorables.

D'autres expérimentateurs renouvelèrent ces essais en grand; nous citerons parmi les plus connus MM. Marmier et Abraham, Otto, Siemens et Halske.

C'est MM. Marmier et Abraham qui étudièrent les premiers, au laboratoire, les conditions d'une bonne stérilisation par l'ozone. Ils reconnurent, en faisant barbotter de l'air ozonisé dans l'eau, que la richesse de cet air en ozone devait être au minimum de $3^{g},5$ par litre et que le contact de l'air et de l'eau demandait à être le plus intime possible.

Les résultats de leurs expériences, faites à Lille sur de l'eau claire, mais riche en germes (2 à 4.000 bactéries), furent contrôlés par une Commission composée de MM. les Drs Roux, Calmette et Staes-Brame et de MM. Buisine et Bouriez (voir *Annales de l'Inst. Pasteur*, 1899). Tous les microbes sont tués à l'exception de quelques germes très résistants, comme le *B. subtilis*, espèce saprophyte non pathogène.

Le procédé Marmier et Abraham comprend trois parties :

1° La production du courant électrique;

2° La production de l'ozone;

3° La stérilisation de l'eau.

La figure 11, extraite du livre de M. Imbeaux (*Alimentation en eaux potables*), montre le plan schématique d'une installation. « Le liquide est aspiré en *a* par une pompe centrifuge *b* et envoyé au sommet *c* de la colonne de stérilisation *d*; un puisard *g* recueille l'eau traitée qui, reprise par une pompe *i*, est refoulée au réservoir de distribu-

tion *j*. L'air ozonisé est amené en bas de la colonne de stérilisation, qu'il traverse de bas en haut pour sortir en *f*; sa circulation est assurée par un ventilateur *m*, aspirant l'air atmosphérique pour le faire passer dans un dessiccateur *l*, dans l'ozoneur *k*, enfin dans la colonne *d*.

Le dessiccateur n'est autre chose qu'un cylindre contenant de l'acide sulfurique concentré qui absorbe la vapeur d'eau contenue dans l'air.

Enfin, le courant électrique alternatif nécessaire pour produire les effluves électriques est fourni par un transformateur *t*, dont le circuit primaire (1) reçoit le courant d'un alternateur *u*, actionné par une machine à vapeur *v* et sa chaudière; le circuit secondaire (2) fournit à l'ozoneur des courants d'une tension voisine de 40.000 volts. En *n*, on place, en dérivation sur le circuit de haute tension, un déflagrateur à boules, formé de deux sphères entre lesquelles jaillit une étincelle électrique que l'on souffle continuellement au moyen d'air comprimé ou de vapeur : le rôle du déflagrateur est de maintenir entre les pôles de l'ozoneur un potentiel régulier et, de plus, d'introduire, grâce aux étincelles, dans chaque période du courant alternatif, des vibrations intermédiaires qui accroissent notablement la concentration de l'ozone et, par suite, le rendement.

La concentration obtenue est ainsi de 12 grammes d'ozone par mètre cube d'air; la densité d'effluve correspond à 4 ou 5 kilowatts par mètre carré d'électrodes.

La colonne de stérilisation a pour but de mettre l'air ozonisé en contact intime avec l'eau. C'est une simple chambre en maçonnerie, contenant des stratifications de divers matériaux concassés et formant filtres : l'ozone, entrant par le bas, et l'eau, tombant en pluie par le haut, sont divisés et mis en contact prolongé dans les vides laissés libres entre les matériaux, les bulles de gaz devant se frayer, dans leur marche ascensionnelle, un passage au travers des filets liquides remplissant ces vides. Une trompe renouvelle le gaz par un appel énergique.

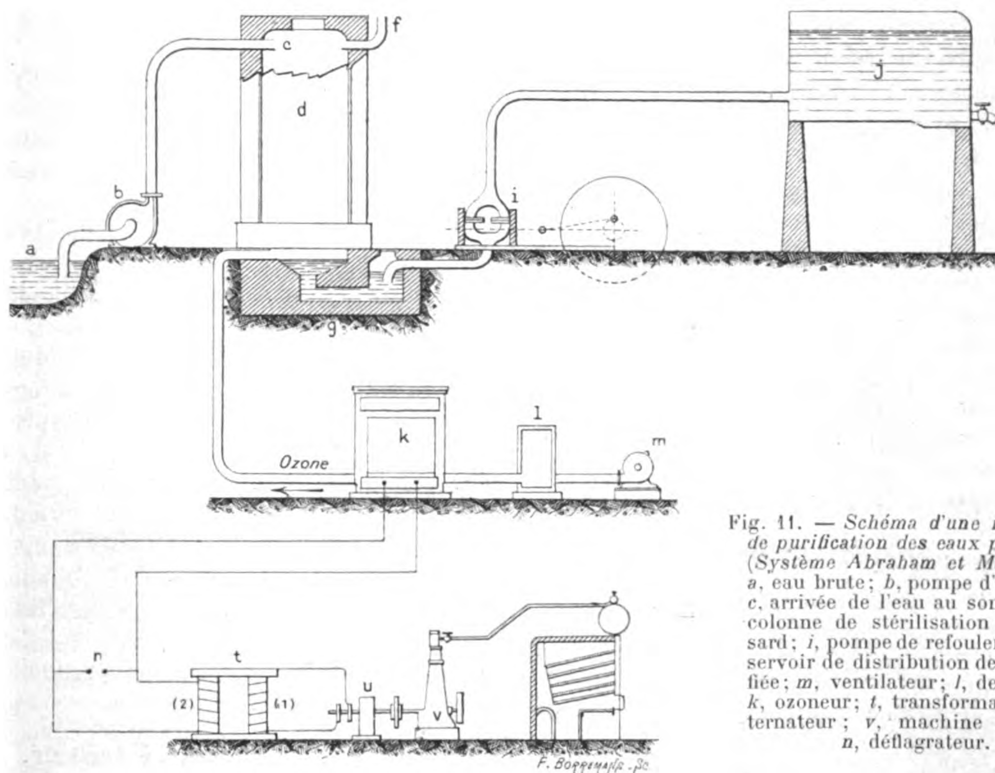


Fig. 11. — *Schéma d'une installation de purification des eaux par l'ozone. (Système Abraham et Marmier).* — *a*, eau brute; *b*, pompe d'aspiration; *c*, arrivée de l'eau au sommet de la colonne de stérilisation *d*; *g*, puisard; *i*, pompe de refoulement; *j*, réservoir de distribution de l'eau purifiée; *m*, ventilateur; *l*, dessiccateur; *k*, ozoneur; *t*, transformateur; *u*, alternateur; *v*, machine à vapeur; *n*, déflagrateur.

Les producteurs d'ozone sont des appareils rotatifs inventés par M. Otto. Ils fournissent malheureusement de l'air souvent trop pauvre en ozone.

Le stérilisateur de M. Otto comprend un émulseur et un stérilisateur à plateaux. L'émulseur se compose de deux cônes concentriques. Par un ajutage se reliant au cône extérieur, on envoie l'air ozonisé, tandis que l'eau est amenée par l'autre cône et se déverse en lame mince, subissant l'action efficace de l'ozone.

Le mélange se réunit dans un récipient, puis passe dans le *stérilisateur à plateaux*. Celui-ci est formé d'une superposition de vingt à cinquante plateaux à grande surface, sur lesquels l'eau séjourne et circule en lame mince de haut en bas, les orifices des plateaux alternant d'un côté à l'autre,

de manière à assurer un écoulement en zigzag. L'ozone circule, lui, en sens inverse et s'échappe à la partie supérieure.

Dans le procédé Siemens et Halske, on débarrasse l'eau des corps organiques en suspension en les faisant passer sur des filtres Brix, puis dans une tour à ozoniser, remplie de graviers de la grosseur d'œufs de pigeon. L'eau arrive par le haut, ruisselle le long des graviers et rencontre le courant d'ozone circulant de bas en haut dans la tour; elle est ainsi stérilisée et s'écoule dans un réservoir pour l'alimentation.

Installé à Martinikenfelde, ce procédé sert à épurer l'eau de la Sprée. On ne recherche pas la stérilisation absolue, mais simplement une grande réduction microbienne (20 à 50 microbes par centimètre cube).

IV. — Procédés physiques de purification

Les procédés chimiques et biologiques cherchent presque tous l'élimination de la matière organique ainsi que celle des microbes. Comme, après tout traitement, les eaux peuvent encore être souillées dans la canalisation, il est nécessaire que les microbes nouvellement arrivés ne trouvent pas dans l'eau une trop grande quantité de matières organiques. De là l'utilité d'une action sur la matière organique des eaux.

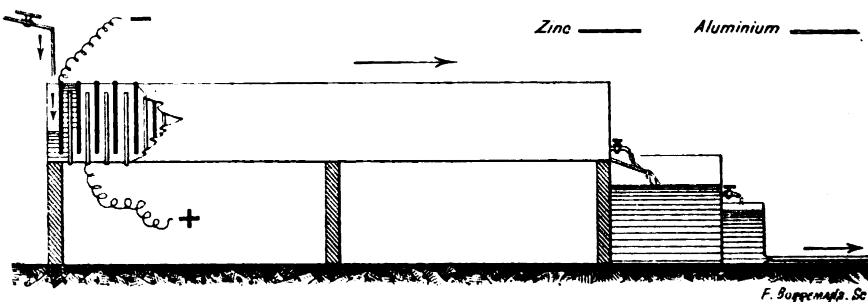


Fig. 12. — *Appareil de stérilisation (système Webster).*

§ 1. — Stérilisation par la chaleur.

Les procédés basés sur l'emploi de la chaleur n'ont qu'un but : la destruction des microbes présents.

Chacun sait qu'une eau bouillie devient, par la suite, plus apte qu'une eau non bouillie au développement des microbes. C'est là un grave inconvénient, augmenté par le prix de revient dix fois plus élevé qu'avec aucun autre procédé.

Les appareils pour stériliser l'eau par la vapeur sont très nombreux : il y a ceux de Vaillard et Desmaroux, Houdard, Egrot et Grangé, Rouart, Geneste et Herscher, Werner von Siemens, Merke, Grove, etc.

Le principe de ces appareils est le suivant : L'eau est chauffée sous pression à 110-115°. Au sortir de la chaudière, elle est refroidie dans un serpentin et la chaleur perdue est reprise par l'eau qui va être stérilisée à son tour.

Le goût d'une eau bouillie est fade, désagréable même pour certains consommateurs. Nous sommes peu partisans de ce procédé, utile seulement chez soi en temps d'épidémie.

§ 2. — Stérilisation par l'électricité.

L'emploi du courant électrique pour la stérilisation de l'eau a été appliqué par Woolf et par Webster.

Woolf décomposait, par l'électrolyse, une solution de sel marin. Il se produisait des hypochlorites, antiseptiques puissants.

Webster produit électrolytiquement de l'alumine (précédemment de l'oxyde de fer) en faisant passer un courant dans une caisse rectangulaire (fig. 12), contenant alternativement des plaques d'aluminium et de zinc. L'eau passe devant chaque électrode, l'anode étant formée par la plaque d'aluminium et la cathode par celle de zinc. L'alumine qui se forme (et qui remplace l'alun des filtres américains) entraîne les matières en suspension et les microbes, l'électricité n'intervenant ici que comme producteur d'une substance chimique.

§ 3. — Filtration à domicile.

Les procédés employés par les municipalités pour stériliser les eaux peuvent être complétés utilement par une filtration à domicile. Nous avons déjà signalé que les canalisations ne sont pas exemptes de contaminations, et, pour plus de sûreté, on peut, dans certains ménages, filtrer ses eaux.

Les filtres employés sont excessivement nombreux et aucun n'est d'une efficacité absolue. Le filtre Chamberland, le plus connu et le plus répandu, ne stérilise complètement les eaux que pendant les premiers jours de son fonctionnement. Au bout de ce temps, les microbes se sont multipliés à travers les pores de la bougie et peuplent l'eau qui sort du filtre. Tous les filtres, soit en porcelaine, soit en papier aggloméré, sont dans le même cas, et il faut les changer souvent si l'on veut être assuré de boire une eau tout à fait exempte de germes.

La stérilisation du filtre Chamberland est délicate et ne peut être mise à portée des habitants; néanmoins, comme l'absolu n'est pas de ce monde, il suffit de nettoyer souvent son filtre avec une brosse pour diminuer les chances de contamination par l'eau.

V. — Amélioration chimique d'une eau.

Les microbes, la matière organique ne sont pas toujours les seuls ennemis contre lesquels il faille lutter. Souvent la composition chimique de l'eau dont on dispose peut avoir des inconvénients; il faut lutter contre la présence de quelques substances.

Ainsi, il peut se faire qu'une eau soit trop dure, renfermant trop de carbonate de chaux. Belgrand, depuis longtemps, a montré qu'une aération ou, mieux, qu'une suite de petites chutes amène les eaux les plus riches en carbonate de chaux à abandonner ce corps et à ne plus marquer que 18 à 20° hydrotimétriques. Le procédé sera facile à pratiquer à la condition qu'on puisse ménager des dispositifs commodes pour enlever fréquemment les dépôts calcaires qui se forment.

L'eau peut, si elle vient des glaciers, être pauvre en oxygène. L'aération sera une opération nécessaire. Elle est, de plus, très commode. Il suffit de faire ruisseler l'eau sur un filtre composé de morceaux de coke.

L'oxyde de fer amène également des obstructions dans les conduites. Ce dépôt de fer est dû, non pas à une simple sédimentation, mais à la présence de micro-organismes, les *Crenothrix*. Ces êtres s'entourent d'une gaine riche en sels de fer et même en sels de manganèse. Le meilleur moyen est de faire ruisseler l'eau sur le coke pour oxyder tout le fer, puis de filtrer ces eaux sur le sable. Les études de MM. Campbell Brown et Robert Boyce semblent amener à cette conclusion que la filtration doit se faire avant l'entrée des eaux dans la canalisation.

VI. — Conclusions.

Les moyens, tant naturels qu'artificiels, que nous possédons pour obtenir une eau potable sont multiples et variés. La préférence dans l'emploi de chacun d'eux dépendra beaucoup du prix de revient du procédé, de la surveillance qu'on peut exercer et des moyens mécaniques dont on dispose. Ainsi une petite ville, disposant d'une chute d'eau, produira de l'ozone à très bon marché et utilisera ce corps comme moyen de purification pour ses eaux potables.

Malheureusement, dans beaucoup de cas, les procédés seront ou trop coûteux (ozone), ou trop délicats. Des divers projets qu'on pourra établir, on choisira alors le moins mauvais, ce qui sera toujours un meilleur parti que l'utilisation d'eaux nettement impotables. Dans un prochain article, nous examinerons la façon d'utiliser les différentes eaux qui sont à notre disposition et l'application des divers moyens de purification que nous venons de passer en revue au cas particulier de chacune d'elles.

F. Diénert,
Docteur ès sciences,
Chef du Service local de surveillance
des sources de la Ville de Paris
pour les régions de l'Avre, du Loing
et du Lunain.

LES PRODUITS VÉGÉTAUX A L'EXPOSITION D'HANOI

En commençant, je tiens à protester contre les affirmations de certaines personnes qui prétendent que l'Exposition d'Hanoï était dénuée d'intérêt et qu'elle a eu un complet insuccès.

Les organisateurs ne pouvaient compter sur une grande affluence de visiteurs métropolitains, étant donnée la distance qui sépare le Tonkin de la France. La longue durée du voyage, les frais assez considérables qu'il pouvait entraîner et, probablement aussi, la crainte de l'inconnu ont arrêté bien des gens.

On a voulu donner la preuve que notre belle colonie de l'Indo-Chine est complètement pacifiée et bien organisée, et qu'elle peut maintenant être utilement exploitée.

Des membres du jury, appartenant aux diverses branches des Sciences, de l'Agriculture, de l'Industrie et des Arts, des journalistes, répondant à l'appel qui leur avait été adressé, sont venus visiter le pays et en étudier les productions. Ils peuvent maintenant parler de ce qu'ils ont vu au grand avantage de notre colonie.

Mais l'Exposition, quoi qu'on en ait dit, était loin d'être dénuée d'intérêt.

Si les produits de la Métropole étaient peu abondants, si certaines de nos colonies n'y ont pas occupé la place qu'on pouvait espérer leur voir prendre, nos possessions du Tonkin, de la Cochinchine, du Cambodge, de l'Annam et du Laos avaient fait, par contre, un très grand effort pour présenter

tous leurs produits naturels ou manufacturés.

Cette partie de l'Exposition présentait un intérêt de premier ordre.

Les collections ainsi réunies permettront de constituer un Musée colonial d'une grande utilité, dans certains bâtiments édifiés dans ce but à Hanoï, et devenus libres après la clôture de l'Exposition.

Les produits surabondants seront distribués entre nos grands musées métropolitains, et j'ai reçu l'assurance de M. Capus, le savant et aimable directeur de l'Agriculture en Indo-Chine, qu'une bonne part sera faite au Muséum.

Parmi les colonies françaises autres que celles de l'Extrême-Orient dont on pouvait admirer de nombreux et intéressants produits végétaux, il y a lieu de citer tout particulièrement Madagascar, dont les collections ont été soigneusement classées et exposées par M. Jully et M. le capitaine Ducarre.

Quelques pays étrangers ont tenu aussi à répondre à l'appel du Gouvernement français en participant officiellement à l'Exposition d'Hanoï. Je citerai comme étant de ce nombre : la Chine, le Japon, les Philippines, Java, la Birmanie et l'Australie.

Mais, comme il ne m'est pas possible de donner, dans un espace aussi limité que celui dont je dispose, même une simple énumération de tous les produits végétaux qui figuraient dans les diverses parties de l'Exposition, je m'attacherai surtout à appeler l'attention sur les produits les plus intéressants de l'Indo-Chine.

I

Au premier rang figure le *Riz*, qui est cultivé dans toutes les parties basses, inondées ou facilement inondables, et dont la production, déjà considérable, va en augmentant chaque année. En trois ans, de 1898 à 1901, la superficie des rizières, en Cochinchine seulement, a augmenté de 117.000 hectares. Et le dernier mot n'est pas dit, car il existe encore, dans les provinces du centre et de l'ouest de cette colonie, plus d'un million d'hectares qui pourraient être convertis en rizières. De grandes superficies sont également disponibles au Cambodge et au Tonkin.

Avec ses 915.000 tonnes de Riz exportées en 1900, l'Indo-Chine occupe le second rang parmi les pays exportateurs de Riz du monde entier.

Mais, la culture du Riz, telle qu'elle est pratiquée, est loin de donner le maximum de rendement possible. Actuellement, les indigènes font de la sélection à rebours, en vendant leurs produits les meilleurs et en ne conservant que les grains de rebut pour leurs ensemencements. Il faudrait, à l'aide de champs d'expériences nombreux, leur démontrer la nécessité de l'application des principes scientifiques qui ont donné de si excellents résultats dans la culture du Blé, en Europe.

Une Commission a été instituée dans ce but, et elle poursuit en Cochinchine, sous la direction de M. Haffner, directeur de l'Agriculture, des recherches qui auront certainement les plus heureux résultats.

Des variétés indigènes, choisies parmi les meilleures, d'autres originaires de la Birmanie et de Java, sont cultivées comparativement et sélectionnées avec soin. Des essais sont également poursuivis sur l'influence des engrais naturels et artificiels, sur l'emploi des machines à battre, etc.

On peut se faire une idée de l'importance qu'il y a lieu d'attacher à l'amélioration de la riziculture par ce fait, cité par M. Capus (*Note sur les progrès de l'Agriculture et de la Colonisation en Indo-Chine*, de 1897 à 1901), que le rendement actuel de la Cochinchine, élevé seulement du dixième, accroîtrait la production de plus de soixante millions de francs.

II

Après le Riz, la plante la plus utile en Indo-Chine est certainement le Bambou.

On le voit planté autour des villages qu'il sert à enclore. Au Tonkin, les habitations des indigènes se trouvent cachées dans sa verdure, et la place des centres habités ne se trouve indiquée que par les bouquets de Bambous disséminés au milieu des rizières.

La tige sert comme bois de charpente pour la construction des paillotes et est employée à faire des récipients et des ustensiles de toute nature.

Les jeunes pousses, crues ou conservées dans la saumure ou le vinaigre, constituent un aliment de consommation courante.

Les ramilles et les feuilles sont une excellente nourriture pour les chevaux et les buffles.

Le bois, débité en fins morceaux ou en minces lanières, sert à confectionner des objets de sparterie ou de vannerie souvent fort élégants, des chapeaux, etc.

L'industrie du Bambou pourrait prendre un grand développement en Indo-Chine étant donnés l'abondance de la matière première, l'habileté et le bas prix de la main-d'œuvre.

La noix d'Arec et la feuille de Bétel sont encore au nombre des produits végétaux de grande consommation pour les indigènes. Ce sont eux, en effet, qui constituent, avec la chaux, le masticatoire désigné sous le nom de Bétel, dont l'usage modéré peut être hygiénique en raison de ses propriétés stimulantes et digestives, mais dont malheureu-

sement l'Annamite fait abus au grand détriment de sa santé.

III

Parmi les denrées coloniales produites par l'Indo-Chine, le *Poivre* est à citer au nombre des plus importantes.

C'est la Cochinchine (surtout la province de Hatien) et le Cambodge (résidence de Kampot) qui en sont les centres de production, et l'extension de cette culture y est telle que l'exportation a presque doublé depuis l'année 1897.

Actuellement, l'Indo-Chine occupe le quatrième rang parmi les pays producteurs de Poivre. Elle a exporté en 1901, à destination presque exclusive de la France, 2.647 tonnes de ce produit[1].

Cette quantité suffit à la consommation de la Métropole; aussi peut-on dire que les poivrières ont atteint, en Indo-Chine, un maximum de développement qui sera difficilement dépassé.

Grâce à une détaxe douanière différentielle de 30 °/₀ sur les produits étrangers, les Poivres indo-chinois ont un débouché assuré sur nos marchés; mais ils ne pourraient lutter sur les marchés étrangers en cas de surproduction.

Le *Thé* tend à prendre une place de plus en plus grande dans les cultures de l'Indo-Chine. En 1900, les exportations ont atteint 180 tonnes, provenant surtout de la province de Quang-nam, en Annam.

Les Thés de l'Annam, préparés par les méthodes perfectionnées, commencent à acquérir une réputation méritée et il y a lieu d'espérer qu'ils ne tarderont pas à entrer dans la consommation courante.

Les provinces de Thai-nguyen, de Hung-hoa, de Bacninh, au Tonkin, conviennent aussi tout particulièrement à la culture du Thé et suivent l'exemple de l'Annam. L'extension de cette culture est d'autant plus désirable que la consommation du thé en France prend un accroissement de plus en plus grand. Le produit aurait, d'ailleurs, une vente assurée en Indo-Chine même, puisque notre colonie est obligée d'en importer chaque année plus de 1 million de kilogs, provenant de la Chine.

On pouvait voir, à l'Exposition d'Hanoï, des échantillons de *Café* provenant de plantations faites en Indo-Chine; mais les facteurs climatériques et du sol sont, dans notre colonie, en général défavorables à la culture du caféier. Il serait imprudent de faire des tentatives en dehors de rares régions privilégiées. D'ailleurs, étant donnée la baisse énorme qui s'est produite par suite de l'extension des plantations de caféier au Brésil, cette culture ne peut guère être recommandée.

[1] Brenier : Note sur le développement commercial de l'Indo-Chine, de 1897 à 1901.

L'Indo-Chine produit des quantités assez considérables de *Tabac*; mais la récolte tout entière est consommée dans le pays. D'ailleurs, les tabacs indo-chinois brûlent mal, ont un arome insuffisant et renferment une trop forte proportion de nicotine ; aussi ne sont-ils pas appréciés en Europe et n'ont-ils qu'une faible valeur commerciale.

Il résulte d'expériences entreprises en Cochinchine, dans le sud de l'Annam et au Tonkin, qu'on pourrait obtenir de bons produits en appliquant les procédés scientifiques à la culture de la plante et à la préparation des feuilles après la récolte.

La culture du Tabac en Indo-Chine mérite d'autant plus d'être encouragée qu'il s'agit d'un produit pour lequel la France est tributaire de l'Étranger pour une somme de 25 à 30 millions de francs, chaque année.

La *Canne à sucre* est surtout cultivée en Annam, dans la province de Quang-ngai, avec Tourane pour port d'expédition.

Grâce au régime de faveur dont jouissent les sucres coloniaux français dans la Métropole depuis le décret du 14 août 1900, cette culture a pris de suite une importance assez grande. Actuellement, l'Annam peut exporter de 6 à 10.000 tonnes de sucre.

Certaines parties de l'Annam, de la Cochinchine et du Tonkin sont particulièrement favorables à cette culture.

La *Cannelle de Chine* (*Cinnamomum Cassia*), qu'il ne faut pas confondre avec la *Cannelle de Ceylan* (*Cinnamomum zeylanicum*), croît à l'état sauvage en Annam, surtout dans les districts montagneux de la province de Thanh-Hoa. En 1901, il a été exporté 221 tonnes d'écorces, principalement à destination de Hong-Kong. La plante croît aussi au Cambodge, mais en moindres quantités.

Le *Cardamome* est le fruit d'une Zingibéracée : l'*Elettaria Cardamomum*, qui est récolté surtout au Cambodge (région de Pursat) et au Laos (province de Saravane). Ce fruit renferme des graines qui contiennent une huile essentielle aromatique et poivrée qui les font rechercher comme épice. Les Chinois en font une grande consommation et les emploient aussi en Médecine.

L'Annam et le Tonkin en exportent des quantités moindres.

La *Badiane* ou *Anis étoilé* est le fruit d'un petit arbre de la famille des Magnoliacées : l'*Illicium anisatum*, cultivé surtout en Chine (Kouang-si) et dans la région de Langson, au Tonkin.

Ce fruit contient, dans son péricarpe, une huile essentielle qui entre dans la fabrication de l'absinthe, de l'anisette et d'un grand nombre de liqueurs. En 1900, le Tonkin a exporté plus de 45.000 kilogrammes de cette huile essentielle à destination de la France.

J'ai visité les plantations de Badianiers de Langson, et je suis persuadé qu'il y a des progrès à réaliser dans le mode de culture des arbres et dans les procédés de distillation.

IV

Les principaux textiles de l'Indo-Chine sont le Coton, le Jute et la Ramie.

Le *Coton* ne trouve pas, en général, dans nos colonies d'Extrême-Orient, les conditions climatériques nécessaires pour que sa culture y prenne un important développement. Au Tonkin, les saisons sont trop irrégulières. Il n'y a guère que le Cambodge et l'Annam (Thanh-Hoa) qui en produisent d'assez grandes quantités.

Le Coton du Cambodge est à courte soie et de qualité supérieure, et sa culture pourrait prendre une certaine importance, si de puissantes sociétés concessionnaires, disposant de la main-d'œuvre nécessaire, entreprenaient des travaux d'assèchement et d'irrigation dans les terres riveraines du Mékong, où les récoltes sont actuellement subordonnées aux crues du fleuve. En 1901, le Cambodge a exporté 1.600 tonnes de Coton; l'Annam 119 tonnes.

Le *Jute*, fibre produite par les *Corchorus capsularis* et *olitorius*, est très demandé par le commerce depuis quelques années, pour la fabrication de cordes, de toiles d'emballages, de tentures, de tapis, etc.

Jusqu'à ce jour, tout le Jute employé en Europe a été produit par les Indes anglaises, dont l'exportation a atteint 1.250.000 tonnes en 1899. Une seule maison française en achète 35.000 tonnes pour ses besoins, et l'Indo-Chine est obligée d'acheter à l'étranger les sacs de Jute qui servent pour le transport du Riz.

La culture du Jute est possible en Indo-Chine, même au Tonkin, où M. Duchemin, planteur à Phu-Doan, a obtenu des résultats satisfaisants. Il y a donc lieu d'appeler tout particulièrement l'attention des colons sur cette plante.

La *Ramie* (*Bœhmeria nivea*) est certainement la plante textile dont on a le plus parlé dans ces derniers temps. Et ce n'est pas sans raison.

Les échantillons de cette fibre que M. Simonnet avait fait figurer à l'Exposition d'Hanoï étaient de toute beauté. J'ai visité, aux environs de la capitale du Tonkin, les plantations qui leur ont donné naissance. Elles sont faites en sol de bonne qualité, bien fumé; mais elles donnent quatre coupes par an.

Grâce à son climat humide, le Tonkin se prête parfaitement à la culture de la Ramie; cependant, il ne faut pas oublier que l'on ne peut obtenir de bons résultats que dans les bonnes terres, légères et fraîches, à l'abri des inondations. Des engrais sont nécessaires, car la plante est épuisante.

La question de la préparation économique des fibres par une machine appropriée semble avoir été résolue, au moins en partie, par les essais de machines présentées au Congrès de la Ramie tenu à Paris en 1900. On prévoit qu'il y aura, d'ici peu, d'importantes cultures de Ramie au Bengale. Il est à souhaiter qu'il en soit de même en Indo-Chine.

L'*Abaca* ou *Chanvre de Manille* (*Musa textilis*) prospère en Indo-Chine. L'absence d'usines préparant la fibre sur place paraît être la cause de la non-culture de cette plante.

On trouve des *Mûriers* (*Morus indica*) disséminés en Cochinchine et au Cambodge; mais il en existe des plantations au Tonkin, et ces plantations sont susceptibles d'une grande extension. Les arbres sont généralement cultivés en taillis, ce qui facilite la cueillette des feuilles pour la nourriture des vers à soie; mais ils sont plantés beaucoup trop rapprochés et ne peuvent croître convenablement dans de telles conditions.

Le développement de la sériciculture au Tonkin est d'autant plus désirable que le climat permet d'avoir des feuilles de Mûrier pendant toute l'année, et que l'on y possède une race de ver à soie à cinq ou six élevages par an.

Actuellement, la France importe chaque année, de Canton, 6 à 8 millions de kilogs de soies grèges alors qu'elle n'en produit que 550.000 kilogs environ. Or, nos grèges du Tonkin et de l'Annam peuvent rivaliser avec celles de la Chine et rappellent plutôt les belles sortes du Bengale.

V

Comme produits tinctoriaux, je citerai l'*Indigo* (*Indigofera tinctoria*), dont la culture est surtout pratiquée au Cambodge dans les parties voisines du fleuve irriguées par les crues. Cette culture s'étend peu, en raison de la concurrence que lui fait l'Indigo artificiel.

Le *Cunao* est le tubercule du *Smilax Cunao*, liane à tige épineuse qui croît surtout dans les forêts du Tonkin. Il est couramment vendu sur tous les marchés du pays, et on l'emploie à teindre en brun rougeâtre la soie et la toile. C'est un produit très demandé par la Chine méridionale, qui en importe des quantités qui vont en augmentant d'année en année. En 1901, le Tonkin lui en a expédié plus de 6.000 tonnes.

Les Annamites se servent aussi des feuilles de *Badamier* (*Terminalia procera*) et de l'*arbre à suif* (*Stillingia sebifera*), qui donnent une teinture noire; du bois de *Cæsalpinia Sappan*, de l'écorce d'un Palétuvier (*Bruguiera gymnorrhiza*), qui

donnent une teinture rouge; des fleurs de *Sophora japonica*, des tubercules du *Safran des Indes* (*Curcuma longa*), des fruits du *Gardenia grandiflora*, que l'on emploie pour teindre en jaune.

VI

De nombreuses plantes oléagineuses existent en Indo-Chine ou peuvent y être cultivées avec avantage.

Il convient de citer au premier rang le *Cocotier*, dont le Coprah ou amande desséchée est de plus en plus demandé par l'industrie. La France en utilise chaque année environ 75.000 tonnes, d'une valeur de 20 à 25 millions de francs, qu'elle est obligée d'acheter, principalement aux Philippines et à Java. En 1900, Saïgon en a exporté environ 3.000 tonnes. La Cochinchine et le Cambodge sont particulièrement favorables à la culture de cet arbre, qui ne donne de bénéfices qu'à longue échéance, mais dont le rapport est sûr et durable.

La culture de l'*Arachide* (*Arachis hypogæa*) donne de bons résultats dans les sols sablonneux en Cochinchine et en Annam.

Le *Sésame* (*Sesamum indicum*) est surtout cultivé au Cambodge. Le *Ricin* a donné lieu à l'exportation de 200 tonnes d'huiles provenant du Tonkin; il donnerait des résultats meilleurs si l'on sélectionnait avec soin les variétés pour obtenir des plantes à grand rendement.

Je signalerai, en outre, les plantes suivantes comme produisant des huiles fluides alimentaires ou des huiles concrètes pouvant être employées en stéarinerie, pour la savonnerie, etc. : *Garcinia tunkinensis*, du Tonkin; *Camellia drupifera*, du Tonkin; *Irvingia Oliveri* (arbre à chandelles), de la Cochinchine et du Cambodge; *Stillingia sebifera* (arbre à suif), très abondant au Tonkin; *Rhus succedanea Dumoutieri*, du Tonkin; et un certain nombre d'arbres de la famille des Diptérocarpées : *Pentacme siamensis*, *Shorea hypochra*, *Dipterocarpus alatus*, *intricatus*, *tuberculatus*, *punctulatus*, etc., de l'Indo-Chine méridionale.

Les *Dipterocarpus* produisent, en outre, par incision du tronc, « l'huile de bois », qui sert à préparer des vernis pour les meubles et des mastics pour le calfatage des barques.

Un produit intéressant du Cambodge est la *Gomme-gutte*, que l'on tire du *Garcinia Morella*. Il en a été exporté 12 tonnes en 1900.

La *Gomme laque* du Laos et du Cambodge est produite par le *Melanorrhæa usitata*; celle du Tonkin par le *Rhus succedanea Dumoutieri*.

Le *Benjoin* (*Styrax Benzoin*) existe au Cambodge et surtout dans le Haut-Laos. 18 tonnes en ont été exportées en 1899.

Un autre arbre intéressant de l'Indo-Chine est l'*Aleurites cordata*, cultivé au Tonkin, des graines duquel on extrait l'*huile d'abrasin*, d'une puissance siccative très grande, et par conséquent précieuse pour la préparation de certains vernis. Une espèce voisine, l'*Aleurites triloba* (le Bancoulier), produit également une huile siccative.

VII

Les essais de culture d'arbres à Caoutchouc faits en Indo-Chine n'ont pas donné jusqu'à ce jour des résultats bien concluants : le *Manihot Glaziovii* a été abandonné; les *Hevea* et les *Castilloa* ne semblent pas répondre aux espérances qu'ils avaient fait naître. Cependant, le *Ficus elastica* et certaines lianes des genres *Landolphia* et *Parameria* ont fixé l'attention de la Direction de l'Agriculture, qui en a fait aménager des plantations en Annam et au Tonkin. On espère pouvoir conduire l'exploitation des lianes en buisson, par coupes réglées, pour le traitement des écorces.

Il existe en Indo-Chine des lianes indigènes qui produisent un Caoutchouc d'excellente qualité. M. Pierre, le savant auteur de la *Flore forestière de la Cochinchine*, ayant appelé l'attention sur ces plantes, des recherches ont été faites et ont amené la découverte d'un bon nombre d'Apocynées encore inconnues pour la science. On en a trouvé dans le Haut-Tonkin, en Annam, au Cambodge et au Laos. Le Dr Spire vient d'explorer de nouveau, à ce point de vue spécial, cette dernière région, et j'ai pu voir, à l'Exposition d'Hanoï, les collections constituées par cet explorateur.

Les arbres à *Gutta-percha* de la Malaisie (*Palaquium Gutta* et *P. oblongifolium*) ont été l'objet de cultures expérimentales en Cochinchine et en Annam (Nhatrang), et n'ont pas encore donné de résultats; mais il existe, en Cochinchine, au Cambodge et dans le Bas-Laos, un arbre, le *Dichopsis Krantziana*, abondamment répandu dans les forêts, dont le produit guttoïde est de grande valeur, ainsi que cela ressort d'expériences récentes entreprises par l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

VIII

Les forêts de l'Indo-Chine renferment aussi des bois précieux, que la Direction de l'Agriculture avait fait exposer à Hanoï, et qui constituaient l'une des parties les plus intéressantes et les mieux présentées de l'Exposition. On y remarquait notamment les diverses sortes de *Trac*, Légumineuse du genre *Dalbergia*; l'*Epicharis Dysoxylon*, dont le bois, à odeur de Santal, sert à faire des meubles de luxe; le *Melanorrhæa laccifera*, qui fournit la

laque la plus estimée, et dont le bois est le faux-acajou du pays; le *Santal* (*Santalum album*), qui sert à faire des meubles et des bibelots de luxe; le *Berrya mollis*, dont le bois se sculpte et se vernit facilement; le *Sindora siamensis;* le *Mæsua ferrea*, sorte de bois de fer; le *Xylia dolabriformis;* le *Diospyros Ebenum* (Ébène), devenu très rare en Cochinchine; les *Lim*, produits par diverses espèces du genre *Baryxylon;* le *Tram* (*Melaleuca Cajeputi*), dont les plantations sont assainissantes, comme celles d'Eucalyptus; le *Teck* (*Tectona grandis*), qui a disparu de la Cochinchine, mais qui existe encore au Cambodge et au Laos, etc.

Les *Trac* et les *Lim* ont été, sous le nom de bois de fer, l'objet d'expériences comparatives pour le pavage en bois des grandes villes; les ingénieurs de la Ville de Paris les ont classés au premier rang pour leur résistance.

Les plantes potagères, les plantes à parfums, méritent aussi d'être citées ici. Les premières pourraient jouer un grand rôle au Tonkin, où il est possible de cultiver, pendant la saison sèche, presque tous nos légumes d'Europe, dont la vente serait assurée en Cochinchine et dans les autres pays limitrophes.

Le Tonkin, au moins les parties haute et moyenne, est également favorable à l'élevage du bétail. On y trouve des bas-fonds, où l'humidité favorise la création de pâturages utilisables pour l'espèce bovine, alors que les mamelons produisent une herbe qui conviendrait aux moutons. Il y aurait lieu, nécessairement, de faire un choix parmi les herbes qui croissent à l'état sauvage dans ces divers habitats; aussi, l'étude de ces plantes, au point de vue de leur emploi dans la création des pâturages, serait-elle d'une grande utilité.

IX

L'Indo-Chine renferme de nombreuses richesses naturelles, insuffisamment exploitées et souvent peu connues, même scientifiquement.

La flore de l'Indo-Chine est encore à faire. Pourtant, ne serait-ce pas une chose indispensable lorsqu'il s'agit de coloniser, de connaître, avant tout, les ressources qu'un pays renferme?

Malheureusement les études de ce genre sont longues et difficiles; elles exigent, pour être menées à bonne fin, un personnel compétent et des crédits qui, jusqu'à ce jour, ont fait défaut.

En ce qui concerne particulièrement le Tonkin, au point de vue agricole, on peut dire néanmoins que de grands résultats ont déjà été obtenus.

Après quatorze années d'existence seulement, cette colonie s'est organisée et elle entre dans la période de mise en valeur. Aujourd'hui, la tranquillité est assurée et des voies ferrées permettent de transporter rapidement et économiquement les produits du pays. Aussi peut-on dire que les entreprises agricoles sont assurées du succès si elles sont faites avec des capitaux suffisants et dirigées par des hommes habiles, ayant l'esprit pratique et l'éducation scientifique nécessaire.

Actuellement, on tourne malheureusement dans un cercle vicieux : les colons hésitent à entreprendre des cultures dans la crainte de ne pas trouver à en écouler les produits, et les industriels, de leur côté, se trouvent arrêtés dans leurs projets de création d'usines pour l'utilisation d'un produit parce qu'ils redoutent de n'en trouver que des quantités insuffisantes à mettre en œuvre. La création de puissantes sociétés pour la production de la matière première et son utilisation serait la vraie solution du problème.

La preuve est faite maintenant que le colon agriculteur peut vivre au Tonkin et y supporter d'assez grandes fatigues; mais, comme partout, la lutte y est âpre, et il faut une grande dose d'énergie pour y mener à bien une entreprise quelconque.

En plus des aptitudes et des connaissances spéciales qu'il faut posséder, il est nécessaire d'avoir une bonne santé pour résister à la température accablante de la saison humide, avoir des goûts simples, et savoir mériter la confiance des précieux collaborateurs que peuvent être les indigènes, par ses sentiments d'équité et de justice.

D. Bois,
Assistant au Muséum,
Professeur à l'École Coloniale.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Jouffret (E.), *Lieutenant-colonel d'artillerie en retraite.* — **Traité élémentaire de Géométrie à quatre dimensions et Introduction à la Géométrie à n dimensions.** — 1 *vol. in-8° de* xxx-215 *pages* (*Prix* : 7 *fr.* 50). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

Tout mathématicien se livrant à des recherches originales a eu l'occasion d'employer des considérations tirées de la Géométrie à n dimensions. C'est là une façon de parler extrêmement commode; elle condense en locutions simples et courtes des faits analytiques ou algébriques nombreux et touffus; elle a rendu à la science, comme le rappelle avec raison M. le colonel Jouffret, les plus signalés services.

C'est ainsi que s'est constituée, peu à peu, à propos d'autre chose, une Géométrie à n dimensions.

Bien moins nombreux sont les savants qui ont traité cette géométrie pour elle-même. Ce sont surtout leurs travaux que se propose d'exposer l'auteur, sous forme d'un traité didactique, sur le modèle, par exemple, de celui, bien connu, de MM. Rouché et Comberousse pour la Géométrie ordinaire. C'est le caractère original et intéressant du livre dont nous rendons compte.

La Géométrie à n dimensions est celle où le point a n coordonnées. Bien entendu, dès $n=4$, aucune représentation matérielle n'est possible. On est confiné dans une discussion algébrique, avec une terminologie où les métaphores sont empruntées à la science de l'espace ordinaire à trois dimensions.

Toutefois, signalons un procédé ingénieux « pour tâcher de voir » dans la quatrième dimension. Ce procédé est la *projection*, qui peut conduire à une Géométrie descriptive généralisée.

Sur un plan (espace à deux dimensions), une figure solide (un polyèdre, par exemple) se projette suivant une figure plane (un polygone). De même, dans l'espace ordinaire, une figure à quatre dimensions (polyédroïde) se projette suivant une figure solide (polyèdre). On trouve dans le livre des épures très curieuses donnant les polyèdres, projections des polyédroïdes réguliers.

Curieuses aussi sont les formules sur le *contenant* et le *contenu*. Nommons :

Contenant, pour $n=2$, la circonférence d'un cercle / pour $n=3$, l'aire convexe d'une sphère } de rayon un.
Contenu, pour $n=2$, l'aire d'un cercle / pour $n=3$, le volume d'une sphère } de rayon un.

Etendons par analogie ces notions aux figures à n dimensions, hypersphères, etc. Le contenant et le contenu sont des nombres abstraits fonctions de n, $\varphi(n)$ et $\psi(n)$.

$$\varphi(2)=2\pi; \quad \varphi(3)=4\pi; \quad \varphi(4)=2\pi^2; \quad \ldots$$
$$\psi(2)=\pi; \quad \psi(3)=\frac{4}{3}\pi; \quad \psi(4)=\frac{1}{2}\pi^2; \quad \ldots$$

Si le rayon est R, on a :

$$\text{contenant} = R^{n-1}\varphi(n).$$
$$\text{contenu} = R^n\psi(n).$$
$$\frac{\text{contenant}}{\text{contenu}} = \frac{R}{n}.$$

$\varphi(n)$ et $\psi(n)$ ont un maximum $\psi(5)$ et $\varphi(7)$ et *tendent vers zéro pour n infini.*

Le traité est à allures philosophiques. M. le colonel Jouffret ne peut donc trouver mauvais que nous lui soumettions une difficulté. Nous l'avons déjà soulevée à propos de l'ouvrage de M. Russell : « Essai sur les Fondements de la Géométrie »[1] et ne prétendons aucunement, d'ailleurs, l'avoir inventée :

Il ne semble pas impossible de reproduire l'espace à n dimensions en faisant varier *un seul* paramètre t. Autrement dit, les n coordonnées seraient réductibles à une seule; le nombre de dimensions n'aurait aucune importance essentielle.

On aurait aimé trouver dans le livre de M. Jouffret au moins quelques allusions à ces questions si profondément déconcertantes.

Quoi qu'il en soit, l'ouvrage est intéressant et suggestif. Aucun lecteur ne regrettera le temps passé à le lire.

Léon Autonne,
Maître de Conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Lyon.

2° Sciences physiques

Loverdo (J. de), *Directeur de la Société lyonnaise d'Alimentation.* — **Le Froid artificiel et ses Applications industrielles, commerciales et agricoles** (*avec une Préface de* M. E. Tisserand, *Directeur honoraire de l'Agriculture*). — 1 *vol. in-8° de* 652 *pages avec* 156 *fig.* (*Prix* 12 *fr.* 50). *Vve Ch. Dunod, éditeur. Paris*, 1903.

L'emploi du froid en agriculture, dans l'industrie et dans le commerce tend à se généraliser et à s'imposer de plus en plus.

Ce sont les industries agricoles qui y sont le plus directement intéressées, car le froid permet d'assurer la conservation et le transport des denrées alimentaires.

Le froid suspend la vie microbienne; il empêche, par conséquent, la putréfaction de se produire, et les denrées alimentaires ne subissent plus de modifications d'ordre biologique pendant tout le temps qu'on les soumet à son action. Cet agent de conservation est non moins précieux en ce sens que c'est lui qui dénature le moins le goût des aliments; on peut même dire qu'il ne le dénature pas du tout. Grâce à l'emploi du froid, on peut donc conserver et transporter à l'état frais des poissons, des viandes, et cela à des distances considérables; c'est là un résultat qui aura sans doute des conséquences économiques très importantes puisqu'il permettra aux régions surproductrices de denrées facilement altérables d'assurer l'écoulement continu de leurs produits, ce qui n'était pas possible auparavant.

Il en résultera une régularisation générale du marché de ces denrées altérables, et cela à l'avantage des producteurs et des consommateurs.

M. de Loverdo, qui a été chargé de Missions à l'Etranger, pour y étudier les industries frigorifiques, a fait une œuvre utile en écrivant ce volume, dans lequel il montre tous les services que peut rendre l'emploi du froid. La brasserie et la laiterie ont été les premières industries à l'utiliser, ce qui leur a permis de faire de grands progrès. Depuis lors, les applications du froid se sont multipliées, et aujourd'hui des navires munis d'appareils frigorifiques sillonnent les mers, apportant en Europe, en Angleterre principalement, les viandes, les poissons, les beurres produits par la Nouvelle-Zélande, l'Australie, la Californie, etc.

Si le travail de M. de Loverdo est utile parce qu'on

[1] Voir la fin de notre notice à la page 850 de la *Revue générale des Sciences* du 30 septembre 1901.

y trouve décrits les procédés qui permettent d'obtenir les meilleurs résultats dans l'emploi du froid, il est d'une utilité plus grande encore en ce sens qu'il nous montre les progrès considérables accomplis dans cette voie à l'Etranger. Nous devons reconnaître que l'Angleterre, les Etats-Unis, l'Allemagne ont une avance marquée sur nous. L'Angleterre, les Etats-Unis ont développé activement : d'une part, les moyens de transport frigorifiques qui leur permettent d'importer les denrées provenant des pays surproducteurs, et, d'autre part, les entrepôts frigorifiques (*cold storages*) qui servent à conserver ces mêmes denrées. En Angleterre, en Allemagne, en Suisse, aux Etats-Unis, on ne construit plus d'abattoirs sans y annexer des chambres frigorifiques qui jouent le rôle de régulateur entre l'offre et la demande. En Allemagne, sur 713 abattoirs existants, 260 sont pourvus d'installations frigorifiques et ce nombre s'accroît tous les jours. Nous sommes loin d'en être là : M. de Loverdo nous apprend que, seule, la ville de Chambéry utilise près de son abattoir des chambres froides. Paris, ajoute-t-il, est la seule grande ville de l'Univers qui ne profite pas du froid pour la conservation des viandes de boucherie. Espérons que le travail de M. de Loverdo contribuera à étendre dans notre pays les applications du froid aux industries alimentaires. X. Rocques,

Ex-chimiste principal du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

3° Sciences naturelles

Bernard (Augustin) et **Ficheur** (Émile). — **Les Régions naturelles de l'Algérie.** — 1 *vol. in-8° de 437 pages, avec cartes et planches de coupes.* (*Extrait des* Annales de Géographie.) (*Prix* : 10 *fr.*). *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1903.

La Géologie et la Géographie physique sont deux sciences intimement unies qu'il est nécessaire d'interroger simultanément quand on veut se rendre bien compte de la morphologie d'une contrée et interpréter correctement son orogénie.

C'est ce qu'ont bien compris deux savants, MM. Augustin Bernard et Emile Ficheur, professeurs, l'un de Géographie, l'autre de Géologie, à l'Ecole supérieure des Sciences d'Alger, qui ont mis en commun leurs spécialités pour écrire une remarquable étude sur les régions naturelles de l'Algérie.

Cette étude a été publiée dans les *Annales de Géographie* au cours de l'année dernière. Elle a été divisée en trois articles successifs, correspondant l'un à la zone littorale, le deuxième à la zone intérieure et le dernier à la zone des steppes.

En fait, comme l'ont bien fait ressortir les auteurs, le Nord africain se prête admirablement à cette division en régions naturelles. La dissemblance entre chacune d'elles est même telle que leur description peut être faite d'une façon très indépendante. Le Tell, par exemple, pays des cultures riches et de grande production, est presque exclusivement la région de colonisation. La steppe, où l'on trouve seulement par places quelques terres cultivables en graminées, est, au contraire, le pays des grands terrains de parcours pour les troupeaux. C'est la région de la vie pastorale et le domaine de l'Arabe nomade. Le Sahara, enfin, pays sans eau et sans culture, n'est habitable pour personne si ce n'est dans des oasis assez clairsemées.

Cette division en zones sensiblement parallèles au littoral, qui est le trait caractéristique de l'orographie algérienne, est la résultante de la direction des plissements du sol et de la disposition échelonnée du nord au sud des diverses formations géologiques de la région. Nulle part, peut-être, on n'aperçoit une relation aussi intime entre les facteurs géologiques et les résultats climatologiques.

Nous voyons, tout d'abord, dans la zone littorale, une série d'îlots de roches archéennes et de roches éruptives, derniers témoins d'une formation jadis étendue sur la région méditerranéenne occidentale, et, sur ces noyaux cristallins, sont adossés principalement des terrains tertiaires, dont l'étage inférieur, en bancs puissants, parfois énergiquement redressés, forme les hauts sommets de la région montagneuse.

Au sud de cette première zone s'allongent, en bandes sensiblement parallèles, des terrains secondaires, en majeure partie crétaciques, aux assises largement plissées, laissant percer au centre de leurs anticlinaux des pointements de terrains jurassiques et même triasiques, qui forment une ou plusieurs nouvelles régions montagneuses.

Dans le Sahara, enfin, et dans la région des steppes s'étendent d'immenses atterrissements qui ont rempli toutes les dépressions, nivelé tout le sol et laissé subsister, seulement en îlots très espacés, quelques restes saillants du substratum.

Ce sont les relations entre ces divers éléments géologiques et les conditions orographiques et climatologiques que MM. A. Bernard et Ficheur ont su faire ressortir par une description détaillée de toutes les localités successives d'une même zone. Leur Mémoire constitue ainsi une étude générale très neuve de la tectonique algérienne, en même temps qu'une revision de la constitution lithologique et géologique du pays, revision devenue fort utile en raison des importantes découvertes réalisées dans ces dernières années.

En étudiant, avec un plaisir extrême, cet excellent travail, j'ai éprouvé cependant un certain regret. C'est celui de n'y pas trouver quelque chapitre consacré au régime hydrographique si particulier de l'Algérie.

Dans ce pays, où, comme l'ont dit les auteurs, tout le problème de la colonisation consiste à utiliser le mieux possible les quantités assez restreintes de terre cultivable qu'on y rencontre, l'eau devient un des plus importants éléments de richesse. Il me semble donc qu'une étude des cours d'eau, de leur régime, de leur utilisation, de leur bassin d'alimentation, etc., eût complété heureusement celle des reliefs et de la composition du sol.

La disposition des bassins hydrographiques en Algérie mérite, d'ailleurs, d'être signalée à l'attention des observateurs. Les cours d'eau qui s'y déversent, les uns au nord, dans la Méditerranée, les autres au sud, dans les bassins fermés des grands chotts, prennent pour la plupart leur source dans cette zone intérieure qui s'étend entre les deux grandes rides montagneuses, l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, et les uns comme les autres, pour sortir de cette zone intérieure, ont été obligés de se creuser un chemin à travers ces massifs montagneux.

Dans la région saharienne, d'autre part, nous nous trouvons en présence d'un phénomène tout différent et tout particulier. Les cours d'eau s'y infiltrent dans le sol et deviennent souterrains. Ce n'est que grâce aux forages artésiens qu'on peut partiellement les ramener à la surface du sol et les faire servir à l'irrigation. Il semble que ces particularités auraient mérité quelques explications.

Une autre regret, d'importance bien secondaire, mais que je veux néanmoins exprimer aux auteurs, c'est celui de n'avoir pas trouvé une table des matières à la fin de leur volume. En raison de la multiplicité des divisions et subdivisions de ce volume, les recherches y sont un peu laborieuses. Une bonne table des matières les eût grandement facilitées. A. Peron,

Correspondant de l'Institut.

4° Sciences médicales

Monprofit (A.), *Professeur de Clinique chirurgicale à l'Ecole de Médecine d'Angers.* — **Chirurgie des ovaires et des trompes.** — 1 *vol. in-8° de 426 pages avec 260 figures* (*Prix* : 15 *fr.*). *Institut international de Bibliographie scientifique. Paris*, 1903.

Parmi les progrès dont la Chirurgie française a le droit de s'enorgueillir, ce n'est pas un des moindres

que la décentralisation dont la Chirurgie moderne est l'objet. Le XIXe siècle, pendant la plus grande partie de sa durée, vit les malades accourir à Paris ou dans deux ou trois grands centres dès qu'ils avaient besoin d'une opération de quelque importance. Actuellement, dans toute ville de province on peut trouver aisément des chirurgiens exercés et instruits. Monprofit est un de ces esprits novateurs qui ont porté en dehors de la capitale les bienfaits de l'art chirurgical moderne.

Le livre de Monprofit, reflet de sa pratique, contient la description succincte, mais claire, de toutes les opérations pratiquées sur les ovaires ou sur les trompes; aucun procédé, aucune opération ne sont oubliés.

On y trouve étudiées les différentes voies d'accès qui peuvent conduire les chirurgiens aux annexes de l'utérus, voie sus-pubienne, voie vaginale, voie périnéale, voie sacrée, voie rectale.

L'auteur décrit successivement les anciennes opérations conservatrices, les opérations conservatrices modernes, les opérations radicales. Comme le dit le Professeur F. Terrier, ce qui attire surtout l'attention dans ce traité de Médecine opératoire, c'est l'étendue donnée par l'auteur à l'étude des interventions conservatrices. La tendance actuelle de la Gynécologie opératoire est d'être conservatrice et de borner les exérèses à l'étendue des lésions.

Dr P. Desfosses.

5° Sciences diverses

Lévy-Bruhl (L.), *Chargé de cours à l'Université de Paris.* — **La Morale et la Science des mœurs.** — *1 vol. in-8° de 300 pages. (Prix : 5 fr.) F. Alcan, éditeur. Paris, 1903.*

C'est une grande nouveauté que de voir abordée en termes positifs la question morale. Tout ce qui se rapporte à la conduite de la vie nous touche de trop près pour que nous y supportions aisément l'investigation méthodique. C'est là, par excellence, le domaine du conservatisme, et, dans toute société, une tendance énergique s'efforce de « conserver aux règles morales un caractère religieux ou mystique ». Le volume de M. Lévy-Bruhl, *La Morale et la Science des mœurs*, est le premier ouvrage où ce troublant problème soit abordé avec une méthode appropriée, et qui soit, pour l'instant, définitive.

Et j'indique de suite l'unique réserve que j'aurais à faire parmi tant d'éloges que mérite ce travail. Le plan n'en est pas rectiligne. Bien que la forme soit très heureusement variée, il est visible que le fond du chapitre v (réponse à quelques objections) est le même que la section 2 de la conclusion, et je pourrais citer d'autres répétitions du même genre. Si bien que, malgré l'extrême précision des petits sommaires qui se trouvent en tête de chaque division de chapitre, l'ordre qui a été suivi pour la disposition des matières est ce qu'il y a de plus difficile à saisir dans l'ouvrage entier. J'entends surtout par là que ce travail est d'une telle clarté et d'une telle rigueur dans le détail que, pour être lu avec profit et surtout admiré, il ne réclame à peu près aucune compétence spéciale. Il n'y a que la demi-science qui soit inaccessible, et ici, si le lecteur facile hésite un instant, ce sera justement devant la composition générale. Après cela, je résume à grand regret.

La distinction entre la théorie et la pratique est très simple dans certains cas (l'étude spéculative des Mathématiques, par exemple, et leurs applications), et dans certains autres elle est très délicate. Elle est d'autant plus difficile que les questions considérées nous touchent plus directement (sciences médicales). En morale, non seulement cette distinction n'a pas pu se faire encore avec netteté, mais on peut dire que les termes « théorie » et « pratique » y sont pris à peu près à contre-sens. Quand il s'agit des faits moraux, en effet, qui, sous la forme de devoirs, de remords, de blâme ou d'éloge, semblent se rapporter uniquement à l'action, la « pratique » n'est plus l'opposé de la « théorie ». Elle désigne simplement les règles de la conduite, le système des devoirs et des droits, c'est-à-dire les faits moraux eux-mêmes. Il semble alors que la conscience doive tirer d'elle-même les principes de cette pratique, et la « Morale théorique » devient, en effet, la science de ces principes. Elle est législatrice, et « son but est de ramener à un principe unique, s'il est possible, les règles directrices de l'action ». Elle n'est plus alors une théorie que dans le sens étroit où le mot désigne « la formulation abstraite des règles d'un art, — théorie de la construction navale, théorie de l'utilisation des chutes d'eau, — et non plus dans le sens plein où théorie signifie étude spéculative d'un objet ». En réalité, il n'y a donc qu'une différence de degré dans l'abstraction et la systématisation entre les deux types traditionnels de morale; elles cherchent toutes deux à régler l'action; seulement, tandis que la morale pratique descend dans « le détail concret des devoirs particuliers », l'autre cherche à s'élever à « la formule la plus haute de l'obligation » (chapitre i). Et voici donc la première condition d'une connaissance scientifique des faits moraux : les faits moraux doivent commencer par rentrer dans la « Nature ». Mais cette idée de nature varie avec les progrès du savoir scientifique. Nous avons acquis lentement sur l'esprit religieux et métaphysique la notion d'une nature physique. Nous répugnons encore à celle d'une nature morale qui serait l'objet d'une science nouvelle. Il n'y a pourtant pas lieu de changer dans ce domaine le sens ordinaire des termes, non plus que de renverser l'ordre naturel des choses. De même que la Physique est parvenue à étudier d'abord cette réalité physique et, ensuite, à tirer des applications pratiques de sa spéculation, de même la morale théorique ne peut être que l'étude positive de cette « pratique » morale en tant qu'elle est une réalité de la nature sociale, et, lorsque cette réalité sera suffisamment connue par une spéculation théorique, on pourra essayer de la modifier par une application rationnelle des lois obtenues. « Alors les rapports de la théorie et de la pratique, en morale, seront normalement organisés ».

Au reste, il n'y a qu'à voir ce que sont les morales théoriques actuellement existantes (chapitre ii). Elles ne sont pas, comme il devrait, le point de départ et le principe de la pratique qu'elles sont destinées à fonder. Elles n'en sont qu'une justification tardive, qui la suit et ne la précède point. La preuve en est que ces morales, qui diffèrent dans leurs principes, s'accordent dans leurs conclusions et qu'elles n'ont jamais alarmé la conscience religieuse et morale du temps. En fait, c'est l'évolution de la pratique qui modifie la théorie et y introduit des éléments nouveaux. Et il ne faut voir dans cette théorie multiforme qu'une « métamorale », dont il est aisé de dégager les postulats (chapitre iii), car elle commence par poser en principe tout ce dont elle aura besoin pour rendre compte de la conscience générale qui s'impose à elle.

C'est ainsi que cette métamorale est partie du concept abstrait de l'homme. Elle suppose que « la nature humaine est toujours identique à elle-même, en tout temps et en tout lieu ». Certes, on a pu s'en tenir là longtemps et, à vrai dire, il n'y a pas eu de Renaissance en morale, comme on le voit aux arrière-pensées religieuses qui ont subsisté jusque dans les morales philosophiques des modernes. Mais, au xixe siècle, avec les sciences historiques, anthropologiques et géographiques, on a vu apparaître le mobile contenu de ce concept de l'homme civilisé et contemporain, et l'on a compris l'insuffisance de l'analyse psychologique pour atteindre cette nature humaine qui change avec les conditions sociales et, par conséquent, la nécessité de la méthode sociologique pour la saisir du dehors, objectivement. Kant traitait de « la Métaphysique des mœurs ». Maintenant, c'est la Physique des mœurs qu'il faudrait dire ou, selon l'expression de Comte, « la Physique sociale », et ainsi se dégage dans toute

sa précision et sa nouveauté l'idée centrale et originale de l'ouvrage de M. Lévy-Bruhl. La Morale, comme la Physique, ne peut être que l'observation positive d'une réalité donnée, et cette réalité morale n'est qu'une partie de la réalité sociale. Une morale scientifique ne peut donc être qu'une morale sociologique. De même que la Physique a trouvé dans les Mathématiques un précieux secours, de même donc la Morale trouvera dans les sciences historiques son auxiliaire nécessaire (chapitre IV).

Pour une telle science des mœurs, il ne peut être question actuellement que d'en indiquer l'esprit. Car les « Moralistes » n'ont rien fait pour elle; au contraire : ils étaient plus préoccupés de peindre comme des artistes ou de corriger comme des sages que d'observer comme des savants. L'évolution nécessaire des anciennes « sciences morales » a été préparée par la diffusion des idées transformistes, par les travaux précis des philologues et des linguistes, par la Psychologie expérimentale, par les sciences économiques (chapitre VII). Peu à peu l'anthropocentrisme moral s'est dissipé comme l'anthropocentrisme physique et mental, et l'idée d'une « morale naturelle » est allée rejoindre celle d'une « religion naturelle » dont elle n'était que la survivance. Toutes les morales existantes sont également naturelles, puisqu'elles font partie de la nature sociale; et il ne s'agit plus que de les connaître par la méthode comparative, puisqu'elles sont elles-mêmes l'objet de la science véritable. Et c'est seulement sous ces conditions, et après l'acquisition d'un certain nombre de lois, que l'on pourra tenter d'intervenir par un art rationnel des mœurs, fondé sur la science des mœurs, dans ces mœurs elles-mêmes. On ne les transformera que si l'on commence par les traiter comme des « choses ».

Certes, cette science morale ne peut manquer de surprendre d'abord la conscience morale subjective. Puisqu'elle a tant tardé, et tarde encore, il a fallu qu'elle rencontrât de plus sérieux obstacles qu'aucune autre des sciences qui l'ont devancée. Sans doute, la Physique a dû triompher de difficultés analogues, car toute science positive est une menace pour l'esprit métaphysique et religieux. Et une nouvelle preuve que toutes les morales théoriques traditionnelles n'ont jamais fait œuvre de science, c'est précisément la tolérance dont elles ont joui de la part de toutes les puissances sociales, toujours si en éveil et en hostilité à l'endroit du vrai savoir qui vient les déposséder. Une résistance, non pas pareille, mais bien plus grande, devait donc se rencontrer en ce qui touche la conduite. Il y a, semble-t-il, une contradiction entre ces deux termes, recherche scientifique et pratique morale : « L'attitude scientifique est, par définition, une attitude critique. Comment prendre cette attitude à l'égard des règles dont le caractère obligatoire imprime le respect à toutes les consciences? » La science des religions parut irréligieuse; la science de la réalité morale doit prendre un air d'immoralité, et, dans un chapitre spécial aussi bien que dans tout le cours de son développement, M. Lévy-Bruhl s'est préoccupé, avec une minutie clairvoyante, de réfuter toutes les objections nécessaires et de dissiper tous les scrupules légitimes : « Soit, dira-t-on au nouveau savant. Vous voulez constituer la science de la réalité morale, c'est-à-dire la science de mes obligations et de mes sentiments. Mais votre science est lente et bien lointains ses résultats. La vie, elle, est présente; elle me presse et n'attend pas. Vous abolissez mes règles en les examinant et ainsi vous me démunissez pour la vie. » Ou bien : « N'est-ce pas détruire la conscience morale que de la présenter comme une réalité relative? » Ou encore : « Qu'importe que l'autorité de la conscience morale subsiste en *fait*, si elle disparaît en *droit*? » A la vérité, toutes ces difficultés ne manquent pas de faire impression. Mais, justement, elles ne sont des difficultés que dans l'ancien point de vue de la morale normative et théorique. Le propre de la science morale, c'est, de cela qu'elle existe, de les dissiper. Est-ce que Helmhotz a fait tort à Beethoven? Nous vivons dans le milieu social comme nous vivons dans le milieu physique. Une sensation n'est pas exclusive du mouvement vibratoire qui l'engendre et de la connaissance objective que nous pouvons en avoir. De même, le sentiment subjectif que nous avons, sous forme de devoir, de la réalité sociale qui agit sur nous n'est pas exclusif des relations constantes qui en sont les lois et que nous pouvons saisir objectivement dans les institutions et formes juridiques, dans la constitution de la famille, etc. Bien plus, il n'y a que la science morale qui puisse justifier comme il faut les règles morales, puisque sa conception même suppose l'existence de ces règles et qu'elle seule traite comme des faits ce qu'il fallait autrefois « fonder » en droit. Et ce n'est pas parce que nous le connaissons comme absolu que le devoir nous apparaît comme impératif, mais parce qu'il nous apparaît comme impératif que nous le croyons absolu. Voilà l'ordre naturel des choses et l'idéalisme philosophique n'est lui-même qu'une donnée sociale, reposant sur un intérêt collectif et qui fait souvent des « gardiens de l'idéal » des « soutiens de la société ».

Il n'y a donc pas à craindre qu'une telle science aboutisse au scepticisme moral, puisque rien n'est plus éloigné du scepticisme que la conception d'une réalité soumise à des lois et d'une action rationnelle fondée sur la connaissance de ces lois. Seulement, le propre de la science, en tout domaine, c'est de créer la prudence et l'hésitation du savant, et il ne faudrait pas croire que l'art rationnel des mœurs, dont s'esquisse ici la conception, commencera par le dogmatisme de l'ancienne morale pratique. Les premiers empiriques de l'art de guérir ne se reconnaissaient impuissants devant aucun mal, et c'est la Médecine d'aujourd'hui qui seule avoue son ignorance et l'inutilité, dans certains cas, de son intervention. De ce qu'elle sait, découle qu'elle ne sait pas tout. De même dans l'ordre moral. Après n'avoir douté d'aucun devoir (qu'on songe à la précision et à la rigueur des morales religieuses), on en viendra à reconnaître, devant la complexité entrevue de la réalité sociale, l'impossibilité d'agir sur elle là où nous ne savons rien. Il faut être également éloigné de l'utopie, qui n'est pas encore la science et qui voudrait tenter une réorganisation intégrale de la vie sociale, et de la croyance passive à une fatalité. Nous ne disposons pas plus aisément de la nature sociale que de la nature physique, mais nous avons le moyen de conquérir la première comme la seconde, qui est d'abord d'en découvrir les lois. Les prétentions en deviennent alors plus modestes, mais non découragées.

Tel est trop rapidement esquissé l'esprit de ce livre nécessaire, et dans lequel la précision du détail surpasse encore l'intérêt de l'ensemble et la nouveauté du dessein. La Morale vient de faire son entrée dans le domaine positif, et nous voyons enfin que la forme historique de cette spéculation n'est pas une anomalie. Son évolution, à la vérité plus lente pour les raisons que nous avons vues, fut pourtant analogue à celle de la Physique. Il y a unité dans le devenir scientifique. On n'a pas oublié quel exact et sympathique historien de Comte a été M. Lévy-Bruhl. Et ce beau travail, on le sent bien, est animé de l'esprit vivant du Comtisme, tout renouvelé par la jeune Sociologie de M. Durkheim.

GASTON RAGEOT,
Agrégé de Philosophie.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 24 *Août* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **N. Saltykow** communique ses recherches sur le problème de Sophus Lie. — M. **C. Stormer** poursuit ses études sur les propriétés remarquables des intégrales de Fourier-Cauchy. — M. **J. Guillaume** adresse ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le deuxième trimestre de 1903. Le nombre des groupes de taches enregistrés est double de celui du trimestre précédent, mais la surface totale n'a augmenté que d'un tiers environ. Le nombre des groupes de facules a diminué au sud et augmenté au nord.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **B. Eginitis** a étudié le rôle des noyaux métalliques des bobines. L'influence d'un noyau dépend de la forme de la bobine; deux noyaux de mêmes dimensions, mais dont l'un est creux et l'autre plein, n'ont pas la même action sur la décharge. L'action d'un noyau diminue quand la self-induction augmente, et augmente quand son diamètre augmente. — M. **M. Berthelot** a déterminé les forces électromotrices des éléments de piles à plusieurs liquides différents terminés par des électrodes identiques. Les potentiels totaux sont presque identiques avec les piles à 2, 3, 4, 5 liquides; mais cela n'implique pas la nullité ou la petitesse des potentiels individuels. — M. **S. Posternak** a observé que l'acide phospho-organique de réserve des plantes vertes qu'il a isolé est décomposé quantitativement par les acides minéraux dilués en inosite et acide phosphorique. Cet acide serait donc un acide anhydro-oxyméthylène-diphosphorique. On en déduit que le premier produit de réduction de CO^2 pendant l'assimilation chlorophyllienne est l'alcool CH.OH, qui est utilisé immédiatement pour la synthèse des sucres et autres corps.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Ch. Henry** et Mlle **J. Joteyko** ont reconnu que l'équation générale des courbes de fatigue est de la forme $\eta = H \pm at^3 + bt^2 - ct$; très rarement elle atteint le quatrième degré.

Séance du 31 *Août* 1903.

SCIENCES NATURELLES. — M. **M.-C. Dekhuyzen** propose un nouveau liquide fixateur isotonique avec l'eau de mer pour les objets dont on ne veut pas éliminer les formations calcaires. Ce liquide renferme 26,9 centimètres cubes d'OsO^4 à 2 °/₀ et 173,1 centimètres cubes de $K^2Cr^2O^7$ à 2,5 °/₀ dissous dans l'eau de mer.

Séance du 7 *Septembre* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **P. Chofardet** présente ses observations de la planète MA (24 août 1903), faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.

2° SCIENCES NATURELLES. — M. **Y. Delage** a élevé des larves parthénogénétiques d'Astéries dues à l'action de l'acide carbonique en les alimentant par une culture de Chlorelles, en renouvelant l'eau de mer et en l'agitant constamment. Les larves, au bout de trois mois, ne sont pas encore métamorphosées; mais l'Astérie y est dessinée avec tous ses organes essentiels. — M. **E. Laurent** a observé la production de fortes quantités de glycogène par des Champignons (*Mucor racemosus*, *Sclerotinia*, *Sacc. cerivisae*) cultivés dans des solutions sucrées peu concentrées. — M. **G. Delacroix** a étudié une maladie du tabac, le chancre ou anthracnose, qui s'est montrée cette année en plusieurs régions de la France. Elle est due à une bactérie que l'auteur nomme *Bacterius oeruginosus*.

Séance du 14 *Septembre* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Alfr. Guldberg** étudie les équations aux différences qui possèdent un système fondamental d'intégrales.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **H. Deslandres** a constaté que, dans les gaz de l'azote et du carbone, la lumière cathodique a une simplicité remarquable. Il pense que, lorsque le rayonnement cathodique (qui, étant faible, ionise les gaz) est assez fort pour les illuminer et donner un spectre de bandes, il les décompose en leurs éléments chimiques les plus simples. — M. **J. Mascart** signale un orage très localisé qui a été aperçu le 3 septembre à Colombes et à Mitry notamment. — M. **H. Moissan** a observé que le gaz acétylène sec ne réagit sur l'hydrure de potassium qu'à la température de +42°. Si le gaz contient une trace d'eau, cette dernière modifie les conditions de la réaction, qui peut se produire dès lors à la température ordinaire. Ce changement est attribuable au dégagement de chaleur qui, une fois commencé en un point, détermine une élévation de température de l'hydrure à 42° et lui permet de réagir.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **M. Siedlecki** a reconnu que la pression osmotique du milieu ambiant, agent très puissant pour d'autres animaux et pour les végétaux, n'a que très peu d'influence sur les fonctions vitales des Epinoches, grâce à leur surface protégée par une couche pourvue de certaines qualités des membranes semi-perméables.

Séance du 21 *Septembre* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Edm. Maillet** communique ses recherches sur les fonctions monodromes et les équations différentielles.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **L. Guillet** a reconnu une grande similitude entre les aciers au manganèse et les aciers au nickel. Les essais au choc montrent nettement que les aciers peu carburés et à teneur inférieure à 4 ou 5 °/₀ de Mn ne sont nullement fragiles. — MM. **R. Lépine** et **Boulud** ont constaté qu'il faut admettre, dans le sang qui traverse le poumon, non seulement un processus glycolytique, mais aussi un processus glycogénique, qui a passé jusqu'ici inaperçu, et qui l'emporte le plus souvent sur le premier dans les conditions normales.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Y. Delage** est parvenu par des agents mécaniques (secouage) ou physiques (chaleur) à mettre les œufs d'Oursins réduits, — au repos et, par suite, rebelles à l'action de CO^2, — dans un état de labilité nucléaire qui les rend sensibles à cette action et leur permet de se segmenter parthénogénétiquement. — MM. **Mauclaire** et **Infroit** sont parvenus à diagnostiquer des calculs biliaires par la radiographie préliminaire. — M. **N. Bernard** a étudié la germination de quelques Orchidées, des *Cattleya* et des *Laelia*, et il a reconnu que celles-ci ne peuvent pas normalement dépasser un état embryonnaire sans la pénétration d'un champignon parasite qui assure la continuation du développement de la plantule.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

SCIENCES NATURELLES.

W. B. Bottomley et **H. Jackson** : **Quelques notes préliminaires sur l'assimilation de l'oxyde de carbone par les plantes vertes.** — Il y a quelques années, lors de recherches sur les effets physiologiques de l'oxyde de carbone, l'on remarqua qu'une jacinthe qui commençait à croître et possédait quelques feuilles

continuait à se développer pendant quelques semaines, après avoir été placée sous une cloche dans laquelle l'air avait été remplacé par un mélange de 80 °/₀ d'oxyde de carbone et de 20 °/₀ d'oxygène. Comme ce fait renversait les idées courantes au sujet de la croissance des plantes vertes dans l'oxyde de carbone, un certain nombre d'expériences ont été entreprises récemment dans le but de déterminer jusqu'à quel point l'oxyde de carbone peut remplacer l'acide carbonique comme source d'aliment carboné pour les plantes vertes. Quoique la jacinthe se soit développée dans l'oxyde de carbone, l'expérience ne doit pas être considérée comme concluante, à cause des grandes quantités d'hydrates de carbone qui se trouvaient dans le bulbe. On employa donc de jeunes plants de *Tropæolum majus*, qui avaient poussé dans du sable stérilisé arrosé avec une solution nutritive dépourvue de toute trace de carbonates. On reconnut que les plants de *Tropæolum* ne se développent pas dans de l'air, dans lequel l'acide carbonique a été remplacé par une quantité égale d'oxyde de carbone. Lorsque, cependant, les auteurs prirent en considération les solubilités relatives des deux oxydes de carbone dans l'eau, et qu'ils augmentèrent proportionnellement la quantité d'oxyde de carbone jusqu'à employer environ vingt fois autant d'oxyde de carbone que d'acide carbonique, les plantes se développèrent et se montrèrent saines et normales.

On a fait aussi des expériences avec des proportions variées d'oxyde de carbone dans l'air dépourvu de toute trace d'acide carbonique. Les plantes croissent librement dans des atmosphères contenant de 1 à 70 °/₀ d'oxyde de carbone, en prenant soin, lorsque les plus hauts pourcentages d'oxyde de carbone sont atteints, d'ajouter de l'oxygène de façon à conserver une quantité de ce gaz égale approximativement à celle que renferme l'air normal.

Un fait très significatif attira l'attention pendant les expériences. Lorsque le soleil brillait, on observait toujours une pression négative dans les cloches qui contenaient les plantes poussant dans l'oxyde de carbone. Ce résultat tend à confirmer la théorie de Baeyer sur la photosynthèse. Dans la photosynthèse normale, le volume d'oxygène dégagé est égal au volume d'acide carbonique qui a subi la décomposition. Si, d'autre part, l'oxyde de carbone est absorbé directement par la plante, la moitié seulement de l'oxygène est dégagée, d'où diminution de pression.

Les auteurs ont également recherché s'il se forme de l'amidon dans les plantes poussant dans l'oxyde de carbone. A cet effet, on a placé dans l'obscurité, pour quarante-huit heures, des plants de *Tropæolum* croissant dans une solution culturale, après avoir vérifié au moyen de l'iode que les feuilles ne contenaient pas d'amidon. Quelques-uns des plants furent ensuite placés dans de l'air exempt d'acide carbonique, mais contenant 10 °/₀ d'oxyde de carbone.

Après avoir exposé tous ces plants au soleil pendant trois jours, on examina de nouveau s'ils contenaient de l'amidon. Dans les plants qui avaient cru dans l'air exempt d'acide carbonique, il ne s'était pas formé d'amidon, tandis que les plants ayant poussé dans l'oxyde de carbone donnèrent la réaction iodée d'une façon très marquée. Les sections des tiges vertes montrèrent de grandes quantités de grains d'amidon dans le tissu fondamental, réunis spécialement autour des faisceaux vasculaires, dans les plants qui avaient grandi dans l'oxyde de carbone; mais rien du tout dans ceux qui avaient cru dans de l'air exempt de carbone.

Des expériences sur la germination et la croissance de graines dans l'oxyde de carbone ont aussi donné des résultats satisfaisants.

On a planté des graines de *Lepidium sativum* dans du sable stérilisé, et placé le tout dans un mélange de 65 °/₀ d'oxyde de carbone et de 35 °/₀ d'oxygène. Les graines ont germé et ont donné des plantes saines, qui se sont développées tout à fait normalement pendant trois semaines. Certaines déterminations préliminaires de la quantité de carbone dans les graines et dans les plantes indiquent l'accumulation du carbone organique, et, comme la seule source possible de cette augmentation est l'oxyde de carbone, une partie de celui-ci doit avoir été assimilée. Ces résultats sont si importants et si frappants qu'il a paru sage de reprendre les déterminations avec de nouveaux appareils, spécialement confectionnés à cet effet, avant de citer des chiffres. Aussi les auteurs ont-ils décidé de poursuivre les expériences avec l'oxyde de carbone et avec des composés dans lesquels le groupe CO existe en combinaison.

Dans toutes ces expériences avec l'oxyde de carbone, on a pris grand soin d'employer des absorbeurs efficaces pour l'acide carbonique, et la pression dans les cloches était réglée par des soupapes fermées à la potasse.

H. Meyer et **F. Ransom** : **Recherches sur le tétanos.** — Dans la communication suivante, les auteurs se proposent de donner brièvement les résultats d'expériences entreprises dans le but d'éclaircir certains points de l'étiologie du tétanos.

Tout d'abord, leur attention a été dirigée sur le tétanos local, pour lequel une explication expérimentale faisait défaut jusqu'ici.

Leurs observations les ont conduits ensuite à une interprétation satisfaisante de la période d'incubation; à la découverte d'une forme de tétanos confinée dans le système sensoriel, qu'ils ont appelée tétanos sensoriel; à la théorie de l'action de la toxine du tétanos et finalement à une définition de la sphère dans laquelle le traitement du tétanos par le sérum est efficace.

1. *Tétanos local.* — Gumprecht, en essayant de donner une explication du tétanos local, est arrivé *per exclusionem* à la conviction que la toxine est amenée aux centres nerveux par les lymphatiques nerveux, et Marie, sans preuve positive, a adopté la même théorie. D'un autre côté, Courmont et Doyon, et spécialement Brunner ont discuté cette idée sans l'accepter.

MM. Meyer et Ransom croient avoir réussi à démontrer que le transport de la toxine tétanique au système nerveux central a seulement lieu par le moyen des nerfs moteurs.

Voici la preuve expérimentale de cette assertion :

1° On a trouvé de la toxine dans le nerf moteur après une injection sous-cutanée dans une jambe de derrière. Ce résultat a été confirmé par Marie et Morax;

2° Les centres spinaux exposés peuvent être protégés en arrêtant le passage de la toxine le long du nerf moteur au moyen de l'anti-toxine, injectée dans la substance du nerf. Cette action se produit aussi bien lorsque la toxine a été injectée d'une façon locale que lorsqu'elle a été introduite directement dans le sang;

3° Si l'on injecte une dose mortelle de toxine tétanique dans le nerf ischiadique d'un chat, le premier symptôme observé est un tétanos local des muscles du membre injecté. Puis, après un certain temps, pendant lequel l'autre jambe de derrière est généralement attaquée, le tétanos se porte successivement sur le tronc, les jambes antérieures et les muscles du cou. Une telle progression de la maladie, de la partie postérieure à la partie antérieure de l'animal, peut, sous certaines conditions, être arrêtée en sectionnant la moelle épinière;

4° Une dose de toxine, qui, introduite sous la peau, cause peu ou point de symptômes, est souvent suffisante pour déterminer la mort si on l'injecte dans un nerf moteur;

5° Même lorsque le sang contient une grande quantité d'anti-toxine, il est encore possible de produire le tétanos en injectant de la toxine dans un nerf moteur, quoique, dans de semblables circonstances, des injections sous-cutanées ou intraveineuses ne produisent aucun symptôme.

2. *Période d'incubation.* — Si la marche de la toxine est centripète le long du nerf moteur, on peut s'at-

tendre à ce qu'une injection directe dans la substance du tronc nerveux raccourcisse la période d'incubation.

S'il était possible d'introduire la toxine de suite dans le voisinage des centres susceptibles du système nerveux spinal, ce raccourcissement devrait être encore plus marqué.

Ces deux prévisions sont confirmées d'une façon frappante par les expériences des auteurs. Aussi, ils sont d'avis que la plus grande partie de la période d'incubation est l'expression du temps pris par la marche de la toxine pour aller de la périphérie, le long des nerfs moteurs, aux centres susceptibles.

Les résultats des injections de toxine faites par eux dans la moelle épinière ont, de plus, un grand intérêt en ce qu'ils prouvent que non seulement l'exagération des réflexes, mais aussi la rigidité tétanique si caractéristique des muscles sont dues à l'action de la toxine sur les centres nerveux, à l'exclusion entière de la périphérie.

3. *Tétanos douloureux.* — Dans toutes les expériences des auteurs ayant pour but l'injection de la toxine tétanique dans la substance de la moelle épinière, ils ont observé, comme premier symptôme d'intoxication, un trouble sensoriel qui reste strictement localisé, même lorsque la rigidité musculaire et l'exagération des réflexes sont devenues générales. Dans plusieurs cas, ce trouble sensoriel est si grand qu'il a causé la mort, apparemment par épuisement, avant que les symptômes ordinaires du tétanos aient été complètement développés.

En somme, ce symptôme consistait en une extrême hyperesthésie d'une partie quelconque de la périphérie, correspondant au centre spinal dans lequel l'injection avait été faite. Cette sur-irritabilité de l'appareil réflexe de la douleur est certainement due à l'action de la toxine; elle est tout à fait différente du tétanos ordinaire du réflexe moteur tactile. Elle n'est jamais survenue après une simple administration de toxine sous-cutanée ou intraveineuse, ni après une injection dans un tronc nerveux.

D'un autre côté, si l'on introduit la toxine directement dans une racine postérieure, le résultat est le tétanos douloureux pur, et l'on voit ainsi que le ganglion spinal forme un obstacle insurmontable au transport de la toxine.

La réponse du réflexe à la douleur consiste à coordonner les mouvements de défense, par exemple les réflexes du cerveau.

De ces expériences, les auteurs tirent les conclusions suivantes :

1° La toxine tétanique n'atteint jamais les centres spinaux par le moyen des nerfs sensoriels;

2° L'appareil de la douleur dans la moelle épinière est si isolé de l'appareil moteur que l'intoxication d'un groupe ne parvient jamais à l'autre;

3° Le mouvement actuel de la toxine dans le système nerveux n'a pas lieu dans les lymphatiques, mais dans le protoplasma des nerfs.

Dans cette troisième conclusion, on peut trouver l'explication du fait que le tétanos cérébral de Roux et Borrel ne se produit que lorsque la toxine est injectée dans la substance cérébrale ou, par quelque lésion, peut atteindre cette substance. Entre le cerveau et les nerfs périphériques, il y a assez de ganglions pour prévenir l'accès de la toxine dans les centres convulsifs.

La présence du tétanos douloureux et du tétanos cérébral suffit à elle seule à montrer que la toxine ne pénètre pas du courant lympho-sanguin dans les cellules nerveuses.

Dans le cours des recherches sur le tétanos douloureux, les auteurs ont observé un fait particulier qui a lieu après la séparation de la moelle épinière. Aussitôt que la communication avec le cerveau est supprimée, les manifestations de douleur cessent naturellement; mais, à leur place, une série de phénomènes se produisent qu'ils appellent le *tétanos de projection* : les jambes de derrière présentent des secousses ininterrompues pendant des heures, jusqu'à ce qu'enfin la mort survienne causée par un épuisement extrême.

Aussi longtemps que l'impulsion douloureuse peut atteindre le cerveau, il n'existe aucun signe de cette agitation; au contraire, les animaux restent aussi tranquilles que possible afin d'éviter toute irritation de la surface hyperesthésiée. Mais, lorsqu'on supprime la transmission au cerveau, l'énergie mise en liberté par le stimulant douloureux se décharge dans la moelle épinière en causant ces mouvements, lesquels peuvent être considérés comme l'équivalent spinal des mouvements réflexes centraux de l'animal sain.

4. *Action de la toxine tétanique à l'égard des nerfs sensoriels et vaso-moteurs.* — Une injection de toxine dans le nerf infra-orbital n'occasionne pas de symptômes analogues à ceux du tétanos douloureux, mais elle est suivie, après une période d'incubation tout à fait anormale de quatorze jours, d'un tétanos isolé des muscles érecteurs de l'oreille du côté injecté.

L'injection de toxine dans le vague du chien a été suivie, dans deux cas, d'un ralentissement considérable du pouls, qui se prolongea une fois pendant quatre semaines. L'effet, quoique faible relativement à la dose, semble indiquer que les centres du vague qui retardent le cœur sont sensibles à la toxine tétanique.

On n'a jamais observé de ralentissement du pouls chez les animaux tétanisés, si ce n'est après une injection dans le vague.

5. *Réflexes exagérés et rigidité musculaire.* — Les expériences de MM. Meyer et Ransom montrent d'une façon concluante que la rigidité tonique des muscles et l'exagération des réflexes sont dues à des processus entièrement différents et indépendants. On sait que le tétanos réflexe consiste en une série discontinue de contractions de courte durée. D'un autre côté, la rigidité tétanique des muscles consiste en un raccourcissement continu et augmentant graduellement, mais qui peut cependant rétrograder.

Ce raccourcissement, lorsqu'il a duré de vingt-quatre à trente heures, n'est pas influencé par le curare ni par la section du nerf.

En ce qui regarde l'exagération des réflexes, les expériences démontrent clairement qu'elle est tout d'abord strictement localisée dans la partie sensorielle de l'arc réflexe appartenant au membre rigide. C'est comme si ce point seul dans la moelle épinière était empoisonné par la strychnine.

6. *Théorie de l'intoxication tétanique expérimentale.* — Après avoir considéré les faits observés, les auteurs ont adopté l'explication suivante sur le cours du tétanos expérimental :

La toxine est prise au point d'injection par les nerfs moteurs. Passant le long de ces nerfs, elle atteint d'abord les centres moteurs dans la moelle, et là cause une sur-irritabilité, de sorte que les décharges qui, dans la norme, donnent seulement naissance au tonus musculaire, deviennent anormalement fortes (quoique n'atteignant pas le maximum tout de suite).

Les extenseurs et les fléchisseurs de la jambe injectée se tendent de plus en plus, et dans les jambes de derrière les extenseurs tendent à prendre le dessus sur les fléchisseurs. Tout ceci a cependant lieu graduellement, de sorte que, pendant un temps considérable, les mouvements volontaires et réflexes peuvent être exécutés.

En résumé, on peut dire que la rigidité tétanique est un tonus musculaire intensifié dans le membre affecté. Cette contraction ou rétraction tétanique des muscles ne dépend de l'excitement sensoriel, d'après Hering, qu'en tant que chaque mouvement moteur est périphérogène. Au fond, elle provient d'une condition pathologique de l'appareil moteur dans la moelle épinière.

La toxine en excès est ensuite transportée par les fibres de la moelle à l'appareil moteur du membre de l'autre côté. Après un certain temps, et si l'on a introduit assez de toxine, l'appareil sensoriel de l'arc réflexe le plus proche dans la moelle épinière est attaqué ; il en

résulte que les mouvements généraux réflexes provoqués par l'irritation du membre injecté ou de son nerf sont exagérés, quoique sur toutes les autres parties du corps les réflexes normaux soient seuls excités.

Si l'intoxication se propage plus loin, le tonus moteur ainsi que l'irritabilité réflexe accrue s'étendent, et la rigidité de presque tous les muscles striés et le tétanos réflexe général commencent.

En somme, le tétanos des animaux à sang chaud consiste en deux processus séparés l'un de l'autre à la fois dans le temps et dans l'espace. De ces deux, l'un est primitif, c'est une intoxication motrice : la rigidité musculaire locale; l'autre, secondaire, est une intoxication sensorielle locale : un tétanos réflexe diffus, partant du neurone intoxiqué.

7. *Façon dont se comporte l'anti-toxine tétanique dans l'organisme.* — **MM.** Meyer et Ransom ont trouvé dans plusieurs cas que, lorsque la toxine tétanique est introduite directement dans un nerf moteur, l'anti-toxine, quoique présente en grande quantité dans le sang, est incapable de prévenir la déclaration de la maladie ou même d'empêcher une issue fatale. Il en est ainsi quand de grandes doses d'anti-toxine sont administrées avant et après la toxine, et quand on emploie un animal activement immunisé.

Ils concluent, par conséquent, que l'anti-toxine injectée n'atteint pas la substance des fibrilles et des centres nerveux et que, même avec des animaux fortement immunisés, les neurones restent exempts d'anti-toxine.

D'un autre côté, il a été démontré que le liquide cérébro-spinal et, par conséquent, la lymphe nerveuse d'un animal immunisé contiennent de l'anti-toxine ; il reste donc comme seul moyen de transport de la toxine le plasma fibrillaire.

Les auteurs inclinent à croire que, devant les faits révélés par leurs recherches, il est difficile de considérer le système nerveux comme source d'anti-toxine tétanique.

En ce qui regarde la valeur du traitement du tétanos par le sérum, il est clair, après ce qui a été dit ci-dessus, que toute toxine qui est déjà dans la substance nerveuse, même sans être arrivée à la moelle épinière, ne peut être atteinte et neutralisée par l'anti-toxine injectée sous la peau ou directement dans le sang. Une attaque, correspondant à la quantité de la toxine absorbée par les nerfs, aura infailliblement lieu et suivra son cours malgré l'anti-toxine. D'un autre côté, la toxine qui reste dans le sang et la lymphe sera rendue inoffensive par une injection d'anti-toxine, l'absorption de la toxine fraîche par la plaie infectée sera empêchée, et de cette façon le dénouement fatal de l'autre cas peut être prévenu et la vie du patient sauvée.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Communications récentes.

MM. **E. Warburg** et **B. Strasser** ont étudié les phénomènes présentés à l'égard des courants alternatifs par les électrodes dites impolarisables, telles que, par exemple, le zinc en solution de sulfate de zinc; ces phénomènes n'ont, jusqu'ici, été trouvés conformes à la théorie que dans quelques cas exceptionnels. Les auteurs ont essayé de fixer la cause de ces divergences, et il résulte de leurs recherches que la diminution de la capacité de polarisation observée se trouve en relation de cause à effet avec la formation d'une couche mauvaise conductrice. Quant à la nature de cette relation, les auteurs font remarquer que la force électromotrice au contact de l'électrolyte n'est pas sensiblement altérée par cette couche, comme cela résulte, entre autres, de l'allure des éléments-étalons. Aussi, on comprend difficilement comment la capacité de polarisation électrolytique serait modifiée par la couche isolatrice. Comme cette dernière présente une certaine constante diélectrique, elle constitue un condensateur-conducteur, dont la capacité diélectrique, relativement faible, peut masquer la grande capacité électrolytique. Cette supposition que la capacité de polarisation serait, dans le présent cas, d'une nature purement diélectrique est confirmée par des considérations théoriques combinées aux résultats des recherches de **M. Strasser**. Reste la difficulté de l'épaisseur excessivement faible qu'il faut, d'après la théorie des auteurs, attribuer aux couches en question. Il convient, cependant, de citer à ce propos les expériences de Lord Rayleigh, lequel a trouvé l'épaisseur de couches d'huile cohérentes sur l'eau égale à 1 ou 2×10^{-7} centimètres, alors que, d'après Röntgen, ces mêmes couches seraient comprises entre 1,08 et $0,56 \times 10^{-7}$ centimètres. Bien que ce fait ne soit pas une preuve directe de l'existence de condensateurs pareils, il en résulte cependant que des condensateurs dont le diélectrique aurait une épaisseur inférieure à un millionième de millimètre ne sont point une impossibilité physique. — **M. K. Scheel** présente les résultats de ses recherches sur la tension de la vapeur d'eau en-dessous de 0°. L'auteur a plus spécialement examiné deux formules récemment données par **M. Thiessen**, d'après lesquelles la tension de la vapeur d'eau en millimètres serait représentée dans le cas de la glace par

$$\log \frac{p}{4,5813} = 9,78 \frac{t}{273 + t},$$

et dans celui de l'eau par

$$\log \frac{p}{4,5813} = \frac{t}{273 + t} (8,628 - 0,00394\, t + 0,000002\, t^2 - \ldots),$$

où log désigne le logarithme de Brigg. Abstraction faite de quelques expériences anciennes, ainsi que des observations de **M.** Fischer, l'auteur obtient des résultats qui concordent très bien avec les valeurs calculées par ces formules. — **M. E. Gehrcke** décrit quelques expériences se rattachant à l'observation faite par **M.** E. Warburg que l'acide sulfurique dilué, qui normalement est décomposé par le courant électrique en oxygène et en hydrogène, dégage à des températures élevées du soufre et du sulfure d'hydrogène à la cathode. En étudiant le spectre de l'hydrogène, l'auteur a, par hasard, observé que, même aux températures ordinaires, l'on obtient, à côté des produits normaux, de l'hydrogène sulfuré, du soufre et de l'acide sulfureux. Cet intéressant phénomène s'observe avantageusement au moyen d'un dispositif spécial, permettant de produire une densité de courant quelconque au contact d'une électrode en pointe. Ces phénomènes ne sont point liés à une concentration donnée de l'acide sulfurique. Pour les concentrations supérieures ou inférieures à celles dont l'auteur se sert de préférence (1 : 4 à 1 : 6), ces mêmes phénomènes se présentent, bien qu'ils demandent, pour se produire, un temps plus prolongé. Quant à l'explication qu'il convient de donner de ces expériences, l'auteur ne se croit pas en mesure de décider si ces dernières sont dues exclusivement à l'augmentation de température qui a lieu à l'endroit de densité de courant maxima. On pourrait, en effet, également admettre que la chute de potentiel élevée qui se produit à ce même endroit joue aussi un rôle dans ces phénomènes, qui, dans ce dernier cas, présenteraient peut-être une analogie avec ceux qu'on observe dans les décharges au sein des gaz.

ALFRED GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 20 30 OCTOBRE 1903

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Un nouvel instrument circum-zénithal. — MM. Fr. Nusl et Josef Jan Fric, de Prague, viennent de publier, dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences de Bohême*, la description d'un instrument circum-zénithal de leur invention dont le principe paraît extrêmement ingénieux.

Devant l'objectif d'une lunette horizontale (fig. 1) est fixé, à une certaine distance, un prisme d'angle α, dont

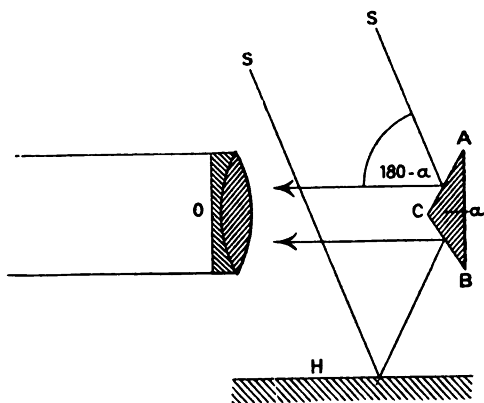


Fig. — *Schéma de l'appareil circum-zénithal.* — ABC, prisme, dont les deux faces AC, et BC, sont argentées; O, objectif; S, direction des rayons de l'étoile; H, bain de mercure.

les deux surfaces AC et BC sont argentées et tournées vers l'objectif O. Tout près et au-dessous de l'objectif et du prisme se trouve le bain de mercure H.

Quand l'étoile S s'approche de la hauteur $V = 180° - \alpha$, il se forme au foyer de la lunette deux images qui marchent en sens contraire à travers le champ et se confondent en un seul point, à un certain moment. Une de ces images est formée par les rayons réfléchis simplement sur la surface supérieure du prisme AC; la seconde est formée après une double réflexion sur le mercure et la surface inférieure BC du prisme. Les images se confondent précisément à l'instant où l'étoile a une hauteur égale à $180° - \alpha$. Le but de l'appareil est la détermination de ce moment.

Pour que l'observation des passages soit possible dans tous les azimuts, l'appareil tourne autour d'un axe vertical passant par le milieu du bain de mercure et qui constitue un axe de symétrie autour duquel les diverses parties de l'appareil sont groupées aussi uniformément que possible.

Cet appareil est susceptible, d'après les auteurs, d'une grande précision; mais celle-ci est subordonnée à un réglage minutieux. Il est notamment indispensable que l'arête horizontale du prisme soit rigoureusement à angle droit avec l'axe optique de la lunette. Le temps est enregistré au moyen d'un chronographe spécial. L'appareil une fois réglé, la hauteur à laquelle on observe les passages d'étoiles au-dessus de l'horizon est absolument invariable, car elle ne dépend que de l'angle du prisme et de l'horizontalité du bain de mercure, ce qui constitue un avantage appréciable sur les instruments de passage ordinaires; car, avec ceux-ci, il faut, au cours de chaque observation, non seulement déterminer l'inclinaison de l'axe horizontal, mais connaître également l'erreur de collimation et de l'azimut, tandis que l'appareil de MM. Nusl et Joseph Jan Fric n'exige la lecture ni de niveaux ni de cercles divisés.

Les résultats obtenus par eux semblent très encourageants; avec une lunette de 40 millimètres d'ouverture, de 350 millimètres de distance focale et de grossissement égal à 50, les erreurs probables pour le calcul de l'heure d'un passage complet d'une étoile ont été estimées par les auteurs à $\pm 0^s05$, et, pour la latitude, en observant les passages complets de trois étoiles, à $\pm 0''22$.

Relief de la surface lunaire. — Puisque la Lune ne possède pas de surface continue de mers, il n'y a point de repère général de niveau auquel on puisse rapporter uniformément les hauteurs et les dépressions de la surface lunaire. Toutes les mesures d'altitude des montagnes de la Lune sont donc relatives, en ce qu'elles se rapportent au voisinage immédiat et ne sont pas directement comparables entre

elles : il s'ensuit qu'il n'est pas possible de faire des comparaisons de niveau entre les différentes régions de la Lune, quoiqu'il ne puisse échapper au sélénographe expérimenté que certaines parties de la surface lunaire sont plus élevées que d'autres. Ainsi, par exemple, il est évident à tout observateur que la mer de la Sérénité offre l'aspect d'une région basse de la surface lunaire relativement à la mer de la Tranquillité; d'autre part, il est impossible de distinguer immédiatement si Pluton est plus élevé ou plus bas qu'Agrippa.

Lors de la formation du globe lunaire aux dépens d'une matière liquide et plastique qui est aujourd'hui complètement solidifiée, cet astre a dû prendre la forme d'un solide en équilibre sous l'action des forces pondérables, sans tenir compte, bien entendu, des perturbations locales qui ont donné lieu au soulèvement des montagnes. La Lune a donc dû prendre la forme d'un ellipsoïde à trois axes :

1° Sous l'influence de l'attraction universelle de ses propres molécules;

2° Sous l'influence de sa rotation;

3° Sous l'influence de la marée occasionnée par la Terre.

C'est sous cette forme, du moins, que le Professeur Julius Franz, directeur de l'Observatoire de Breslau, a voulu résumer ses importants travaux sur notre satellite dans une communication à la Société silésienne de Breslau.

L'aplatissement polaire de la Lune est très faible, vu la lenteur de sa rotation; l'observation le montre négligeable devant les irrégularités du bord créées par les montagnes. La question est déjà beaucoup plus difficile pour l'allongement de l'axe dirigé vers la Terre, à cause de la marée que nous produisons sur la Lune, d'autant que notre satellite nous présente toujours la même face. La faible libration permet, il est vrai, d'avoir une idée stéréoscopique du relief; mais, pour avoir des résultats certains, il faut remplacer la vision stéréoscopique par des mesures et des calculs se rapportant à deux images en libration différente.

L'étude attentive des divers phénomènes permet de considérer la Lune comme sphérique, avec une première approximation très suffisante, au moins de l'ordre du centième du rayon; le Professeur Franz a pu en déduire une carte hypsométrique de la Lune, la première de ce genre, et qui présente un très grand intérêt. On peut donc faire un nivellement du relief lunaire analogue à nos nivellements géodésiques.

§ 2. — Physique du Globe

L'Observation des tremblements de terre. — La Sismologie, ou science des tremblements de terre, a fait, depuis une trentaine d'années, des progrès considérables, dont seule la lecture d'une littérature spéciale extrêmement développée peut donner une idée. Tout récemment, M. J. Milne, par l'étude de 208 sismogrammes tracés en divers observatoires, et discutés dans le silence du cabinet, a pu définir sur la surface du globe douze régions sismiques normalement instables, et qui coïncident d'une manière assez satisfaisante, au moins dans l'ensemble, avec celles qu'on déduit de l'observation directe. Et, dans un Rapport devant la Commission compétente de l'Académie, M. de Lapparent s'est rangé aux conclusions de M. Milne; l'éminent rapporteur a bien établi que, s'il y a lieu d'avoir les heures exactes dans le voisinage des zones critiques, pour nos contrées, du moins, il suffisait d'avoir des graphiques, les plus nombreux possibles; — la France est, d'ailleurs, fort en retard au point de vue des inscriptions sismiques.

M. A. Lancaster, le savant directeur de *Ciel et Terre*, périodique auquel ne reste étranger aucun des phénomènes de la Géophysique, à l'affût de tous les progrès, a chargé M. de Montessus de Ballore[1] de rédiger des Ephémérides mensuelles sismiques et volcaniques : ce spécialiste bien connu prie donc tous les observateurs de bonne volonté de lui envoyer leurs remarques à Abbeville (Somme), et nous avons pensé que les nombreux lecteurs de la *Revue* ne voudront pas rester en arrière dans cette coopération qui promet d'être fructueuse entre des mains aussi expérimentées.

On emploiera exclusivement l'échelle des intensités de Rossi-Forel, la plus usitée; les directions ne seront pas données, cet élément étant sujet à de trop grandes causes d'erreur de la part des observateurs dépourvus d'instruments; les heures seront marquées en temps local de 0 à 24, de minuit à minuit.

Echelle de Rossi-Forel.

INTENSITÉS	MICROSÉISMES
I.	Mouvement non noté par tous les instruments de systèmes différents. Senti par quelques observateurs exercés.
	MACROSÉISMES
II.	Tous les instruments sont actionnés. Constaté par un petit nombre d'observateurs au repos.
III.	Ebranlement senti par un grand nombre de personnes au repos. La durée et la direction sont discernables.
IV.	Ebranlement senti par des personnes en état d'activité. Mouvement d'objets mobiles, portes et fenêtres, craquement des planchers.
V.	Ressenti par tout le monde. Mouvement d'objets importants, meubles, lits. Sonnettes des maisons actionnées.
VI.	Réveil général des dormeurs. Oscillation des lustres, arrêt des pendules et horloges, mouvement sensible des arbres et des branches. Quelques personnes effrayées s'enfuient des habitations.
VII.	Objets mobiles renversés, chute du mortier et des plâtres des toits et des murs, arrêt des horloges publiques, effroi général.
VIII.	Chute des cheminées, crevasses dans les murs.
IX.	Ruine partielle ou totale de quelques édifices.
X.	Désastre. Ruines. Bouleversement de couches terrestres. Failles et crevasses. Eboulements de montagnes.

§ 3. — Physique

Mise en évidence de la polarisation rotatoire dans les cristaux biaxes. — Le pouvoir rotatoire que présentent de nombreux cristaux uniaxes et des cristaux cubiques hémièdres, tels que le chlorate de sodium, ne s'est pas manifesté dans des cristaux biaxes, tels que l'acide tartrique ou le formiate de strontiane, dans lesquels l'hémiédrie caractérisée et l'existence de formes droites et gauches semblaient cependant devoir entraîner cette propriété. L'insuccès de nombreuses tentatives avait peu à peu habitué les physiciens à admettre que le pouvoir rotatoire n'existe plus dès que les cristaux ont deux axes, et cette incompatibilité avait été proclamée au nom de diverses théories.

Des expériences très simples de M. Pocklington[1] paraissent, cependant, résoudre dans un sens contraire cette importante question. L'examen très attentif des phénomènes que présente en lumière homogène une lame de sucre de clivage, approximativement normale à l'un des axes, telle qu'en renferment toutes les boîtes de cristaux des cabinets de Physique, permet déjà de soupçonner l'existence du pouvoir rotatoire. Quand on observe les anneaux en lumière convergente entre deux nicols croisés, on peut constater que la ligne neutre, au voisinage de l'axe, n'est pas absolument noire. L'extinction complète, sur cette ligne neutre, s'obtient en faisant tourner l'analyseur *à gauche* d'un angle qui atteint environ 22° par centimètre d'épaisseur de la lame. Avec les échantillons courants, qui ont quatre millimètres d'épaisseur, l'observation est assez délicate; mais il n'en est plus de même si l'on opère

[1] *Ciel et Terre*, 1er juin 1903.

[1] *Philosophical Magazine*, 6e série, t. II, p. 361.

sur une lame plus épaisse (huit millimètres) et taillée normalement à l'autre axe; ici, la rotation, qui est *à droite*, atteint 64° par centimètre. Pour le quartz, on sait que la rotation atteint 217°, et pour le chlorate de sodium 31°. En calculant, d'après le pouvoir rotatoire d'une dissolution concentrée, le nombre qui correspondrait au sucre amorphe, M. Pocklington trouve 10°,2 *à droite*.

La nature de la symétrie du système monoclinique exclut l'hypothèse d'une structure interne hélicoïdale, telle que la réalisent les piles de mica de Reusch. M. Pocklington admet que les molécules de sucre exercent sur la lumière polarisée une action variable avec la direction. Dans une dissolution, où les molécules sont orientées au hasard, l'effet résultant a le signe du pouvoir rotatoire le plus énergique.

La théorie montre que le dédoublement d'un rayon rectiligne en deux elliptiques obéit, dans les cristaux biaxes, aux mêmes lois qu'avait admises Airy pour le quartz. Les formules classiques, qui renferment un coefficient indéterminé, la différence de marche des rayons interférents et l'orientation des plans de polarisation, s'appliquent directement aux biaxes. Les spirales sont placées, par rapport aux lignes neutres que présenterait un cristal homoédrique et aux lignes isochromatiques, exactement de la même façon dans les deux cas.

M. Pocklington a répété sur le sucre les expériences classiques. En analysant circulairement la lumière, on voit une spirale, dont, avec une plaque suffisamment épaisse, on peut distinguer un tour complet.

Pour faire traverser la lame deux fois en sens inverse par la lumière, il faut avoir soin que les rayons reviennent exactement dans la même direction. On obtient ce parallélisme en plaçant, entre la lame et le miroir horizontal de l'appareil de Norremberg, une lentille dont le plan focal se trouve sur ce miroir. En opérant sur une lame de 4 millimètres, M. Pocklington a vu, à l'intérieur du premier anneau, une spirale présentant la forme de l'image d'un S, vu par réflexion. Ces expériences réussissent aussi bien en lumière blanche qu'en lumière monochromatique.

Des observations faites sur une lame de sel de Seignette de $1^{mm},75$ d'épaisseur ont donné pour le pouvoir rotatoire 12° par centimètre, à droite. D'après la symétrie du cristal, les deux axes sont identiques.

Les rayons de Becquerel et l'eau. — Dans un Mémoire récemment présenté à la Société allemande de Physique, M. F. Kohlrausch rend compte de quelques observations intéressantes au sujet de l'influence que les rayons de Becquerel exercent sur l'eau. Ayant fait traverser aux rayons émis par un mélange de bromure de radium et de baryum une plaque en aluminium de 0,1 millimètre d'épaisseur et une couche d'eau d'environ 18 millimètres, il n'a pas constaté d'effets immédiats du rayonnement. Sous l'influence d'un rayonnement prolongé, M. Kohlrausch a toutefois reconnu une accélération notable de l'accroissement de la conductivité électrique. Quant à l'interprétation qu'il convient de donner de ce phénomène, l'auteur ne se croit pas en mesure de décider entre les deux hypothèses qui se présentent : celle d'un développement direct d'ions au sein de l'eau et celle d'une désagrégation accélérée des parois du tube de verre. Quant à une troisième hypothèse également admissible, à savoir que l'air ambiant aurait absorbé quelque agent tel que, par exemple, du brome qui serait entré par l'évidement du bouchon, l'auteur croit devoir l'écarter, une expérience tentée en vue de la confirmer ayant donné un résultat négatif. Dans cette expérience, on aspirait, à travers de l'eau munie d'électrodes, un courant d'air qui avait passé sur la substance radio-active.

Le rôle de la Terre en télégraphie sans fil. — On a avancé les hypothèses les plus diverses au sujet du rôle que joue la Terre en télégraphie sans fil; au début, on lui attribuait une part importante, tous les dispositifs devant être soigneusement mis à la terre. Comme, toutefois, le système de Braun a montré l'inutilité apparente de la mise à la terre, la plupart des expérimentateurs ont adopté des vues diamétralement opposées, en considérant la transmission des ondes électriques comme étant analogue à la propagation des ondes lumineuses. Le fait que la courbure de la Terre leur oppose un obstacle si peu sérieux présentait, il est vrai, une énigme absolue. Il est d'autant plus difficile de trancher cette question que, même dans le système de Braun, on ne peut se passer tout à fait du concours du sol; les hauteurs atteintes dans l'étude de ce problème étaient, d'autre part, trop petites en comparaison des dimensions de la Terre.

En vue de trouver une solution au moins partielle, M. Koepsel, dans un travail récemment publié par le *Dingler's Polytechnisches Journal*, essaie de faire voir que les effets exercés sur la Terre par un transmetteur ordinaire sont tels que son potentiel électrique en est affecté à un degré marqué, de manière à agir sur la station réceptrice. L'auteur démontre que la Terre possède un potentiel d'une grandeur qui n'est pas excessive; sa valeur est, en effet, donnée par le rayon de la Terre, à savoir $6,37 \times 10$ centimètres $= 708$ microfarads. M. Koepsel donne la preuve théorique de la possibilité de produire une perturbation appréciable dans le potentiel d'une sphère pareille avec les ressources limitées de la télégraphie sans fil moderne, les oscillations pouvant aller jusqu'à un volt. Si la théorie de l'auteur était vraie, la télégraphie transatlantique de Marconi ne serait autre qu'une télégraphie terrestre.

§ 4. — Électricité industrielle

La construction des bobines d'induction. — Nous empruntons à un article de M. I. E. Ives, récemment publié dans *The Electrical Review*, les détails suivants relatifs à la construction des bobines d'induction :

Afin d'éviter une production trop considérable d'étincelles au moment de l'interruption du courant, on intercale un condensateur dans le circuit primaire. A chaque appareil d'induction correspond une capacité de condensateur la plus convenable; ceci est encore vrai pour chaque intensité de courant dans le cas d'une même bobine d'induction. Aussi il est bon de disposer les condensateurs en sorte qu'il soit possible de les ajuster pour une étincelle maxima dans le circuit secondaire en modifiant leur capacité. M. K. Klingelfuss a fait voir que, pour les bobines d'induction donnant des étincelles d'une longueur quelconque allant jusqu'à 100 centimètres : 1° La longueur de l'étincelle secondaire est directement proportionnelle au nombre des enroulements secondaires; 2° La force électromotrice induite primaire est proportionnelle au courant primaire; 3° Il en est encore de même de la force électromotrice induite secondaire. La différence de potentiel V_2 du secondaire, déterminant la longueur de l'étincelle secondaire, est donnée par l'équation :

$$(1) \qquad V_2 = I_0 \sqrt{\frac{L_2}{C}},$$

où I_0 est l'intensité du courant primaire, L_2 l'inductance de la bobine secondaire et C la capacité du condensateur. On constate que la formule des transformateurs, à savoir :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

s'applique avec une certaine approximation aux bobines d'induction; n_1 et n_2 sont ici les nombres de tours des bobines secondaire et primaire. M. Ives a constaté que les bobines à noyaux en fer à cheval donnent, à égalité du nombre des tours, des étincelles plus longues que les bobines à noyaux droits; il a, cependant, été à peu près impossible de construire des bobines pareilles

pour des étincelles considérables, celles-ci jaillissant des bobines à travers l'entrefer. De même, l'auteur a constaté que les bobines à noyaux droits donnent des étincelles plus longues si la section du noyau est plus grande par rapport à la longueur. C'est ainsi qu'une bobine, où le rapport d'un côté de la section à la longueur du noyau était $\frac{1}{12}$, a donné une étincelle de 25 °/₀ plus longue qu'une bobine où ce rapport était de $\frac{1}{20}$. Dans ces essais, l'auteur s'est servi d'un interrupteur à mercure où le pôle interrupteur est un fil de cuivre amalgamé qu'on enfonçait et retirait à la main; ce type d'interrupteur s'est montré le plus efficace. Même une bobine comprenant un nombre relativement faible d'enroulements peut, grâce à une construction convenable, être disposée en vue de donner des étincelles très longues. L'auteur a obtenu des étincelles de 100 centimètres pour 85.000 tours seulement. Ceci n'est possible qu'en isolant avec soin la bobine secondaire, en employant le type d'interrupteur le plus efficace et en rendant le condensateur réglable de manière à pouvoir être ajusté pour la capacité la plus efficace. La forme la plus avantageuse de bobine d'induction paraît être le type rectiligne dont le noyau ressort en dehors de la bobine secondaire d'environ 7 à 10 centimètres. Cette disposition a pour but d'économiser du fil dans la bobine secondaire; le nombre de lignes de force coupant un tour de la bobine secondaire est, en effet, plus grand au milieu de la bobine primaire qu'aux extrémités de cette dernière.

On a formulé les règles les plus diverses sur les longueurs de fil nécessaires pour engendrer une étincelle d'une longueur donnée. Toutes ces formules n'ont, cependant, qu'une importance limitée, la différence de potentiel secondaire dépendant du diamètre du fil secondaire, de la nature du noyau et des conditions de rupture. La seule possibilité d'obtenir des données sûres au sujet d'une bobine d'induction est de mesurer l'inductance de la bobine secondaire; l'équation (1) permettra alors de calculer la différence de potentiel maxima.

Chemin de fer électrique de Fribourg-Morat-Anet (Suisse). — La Suisse et l'Italie continuent à nous donner l'exemple d'applications importantes de l'électricité aux chemins de fer, exemple qui n'aura pas pour effet de déterminer d'un jour à l'autre l'application de l'électricité aux grandes lignes, au moins dans le cas général, mais qui, cependant, influera beaucoup sur l'essor des méthodes de traction électrique et sur l'expérience comparée de chacune d'elles.

Bien que le courant alternatif soit en faveur sur le continent, et notamment en Suisse et en Italie, c'est au courant continu qu'il a été fait appel dans l'installation de la section Fribourg-Morat, fait d'autant plus remarquable qu'on dispose, au voisinage de la ligne, d'installations à courant triphasé à 8.000 volts déjà existantes et prêtes à fournir le courant alternatif pour l'exploitation de la ligne. La ligne emprunte, bien le courant alternatif à l'une de ces usines, mais elle le transforme en courant continu pour la traction.

Les raisons principales de cette préférence sont les suivantes :

1° Il n'existe jusqu'à ce jour aucun dispositif, analogue aux accumulateurs, de nature à servir de réserve dans la traction par courant alternatif et à éviter les à-coups de l'usine, et les batteries-tampons employées avec le courant continu offrent à la fois un moyen de régularisation précieux et une réserve qui permet de maintenir la ligne en service en cas d'arrêt de l'usine;

2° Les moteurs à courant continu sont toujours préférables aux moteurs à courant alternatif, au point de vue de leur facilité de démarrage et de l'auto-régularisation du couple avec la vitesse; car les moteurs à courant triphasé tournent à une vitesse constante et sont ainsi construits pour les rampes et pour les vitesses maxima, tandis que les moteurs à courant continu, construits pour une vitesse donnée en palier, graviront les rampes à allure moindre et sans dépasser la puissance qu'on peut exiger d'eux;

3° L'utilisation de l'usine est également bien meilleure en raison du facteur de puissance qui est, pour une installation à traction par courant alternatif, beaucoup plus faible qu'avec des installations transformatrices; mais l'avantage pratique le plus certain du courant continu est la simplicité du système de distribution, qui ne comporte qu'un fil aérien ou un troisième rail, la voie de roulement servant de retour, tandis qu'avec le courant triphasé, et même en employant la voie de roulement pour le retour du courant, deux conducteurs isolés sont nécessaires, conducteurs qui présentent surtout des inconvénients dans les aiguillages, les croisements, etc.

Nous n'insisterons pas sur les détails des installations de la ligne : elle présente une longueur de 21 kilom. 3 pour la section Fribourg-Morat, primitivement exploitée à la vapeur par la Compagnie du chemin de fer du Jura-Simplon; on l'a prolongée de 11 kilomètres, de Morat à Anet, pour relier le réseau avec la ligne directe de Berne à Neuchâtel.

La distribution d'énergie est faite par sous-stations transformant le courant triphasé à 8.000 volts en courant continu à 750 volts. Les groupes transformateurs ne sont pas des commutatrices, mais des moteurs générateurs, enroulés directement pour la haute tension.

Le courant à basse tension est distribué aux voitures par un troisième rail isolé et protégé d'une manière assez analogue à celle des installations existantes. L'isolateur d'ambroïne du troisième rail présente beaucoup d'analogie avec celui du Métropolitain de Paris; et les protections en bois, destinées à rendre inaccessible au personnel le troisième rail à 750 volts, rappellent les dispositions employées au Chemin de fer de l'Ouest sur la ligne Invalides-Versailles. Le troisième rail est placé au voisinage de la voie.

Les rampes rencontrées en certains points sont assez fortes, s'élevant à 3 p. 100.

Les déclivités de la ligne donnent à l'électricité un avantage très marqué pour les facilités de démarrage et l'adhérence plus grande qu'on peut réaliser; mais l'adhérence d'une locomotive à vapeur était parfaitement suffisante, étant donné le poids des trains; aussi il n'entre jamais dans leur composition plusieurs automotrices solidarisées, comme dans nombre d'installations modernes, le matériel n'étant pas prévu pour ce cas.

Les trains sont composés d'une voiture automotrice à voyageurs, à quatre essieux, et d'un certain nombre de voitures de remorque à voyageurs ou à marchandises. Le poids normal d'un train s'élève à 70 tonnes. Sa composition normale est la suivante : 1 automotrice à quatre essieux, une remorque à trois essieux, trois remorques à deux essieux.

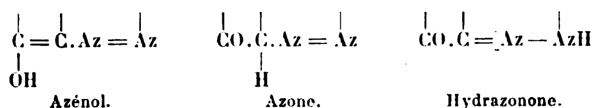
La vitesse admise pour la marche d'un train de 70 tonnes sur la rampe maxima de 30 °/₀₀ est de 23 kilomètres à l'heure. La vitesse est plus grande sur les faibles rampes, en vertu de l'autorégularisation des moteurs à excitation en série, et elle atteint en palier 35 kilomètres à l'heure. En pente, on admet même une vitesse maxima de 45 kilomètres à l'heure.

Ainsi qu'on le voit, les vitesses sont loin d'être élevées; dans cette installation, l'électricité donne la preuve que ses avantages ne sont pas limités aux cas où les vitesses atteignent des valeurs trop élevées pour tout autre mode de traction, mais qu'elle peut présenter des avantages dans les cas les plus différents.

§ 5. — Chimie organique

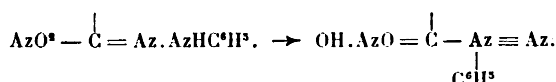
Les éthers optiquement actifs des dérivés azoïques des acides β-cétoniques et β-aldéhydiques. — Parmi les nombreux types de dérivés organiques qui montrent le phénomène de la « tauto-

mérie », dû à la présence d'un atome d'hydrogène mobile, on peut citer les *azocétones* ou *α-dicétones-hydrazones*, pour lesquelles trois formules de constitution sont possibles :



Le premier de ces composés représente le dérivé azoïque de la forme énolique d'une α-dicétone ; le second est une vraie azocétone ; le troisième est l'hydrazone d'une α-dicétone.

On sait, par exemple, que le produit obtenu par l'action de la phénylhydrazine sur une α-dicétone est identique avec celui qu'on obtient en traitant la monocétone correspondante par un sel de benzène-diazonium en solution alcaline ou faiblement acide. De même, les hydrazones préparées à partir des quinones sont identiques avec les *hydroxyazoïques*. Les dérivés azoïques libres des nitroparaffines sont maintenant considérés comme les hydrazones des nitroaldéhydes, tandis que leurs sels de sodium paraissent devoir être dérivés des acides de la forme :



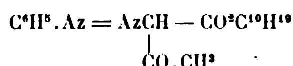
Depuis longtemps, Fischer a démontré aussi que le benzène-azoéthane est converti par l'acide sulfurique en l'hydrazone de l'acétaldéhyde :



Dans la série des dérivés azoïques des corps gras contenant le groupe — CO — CH² — CO, on connaît des exemples analogues ; cependant, la constitution des formes stables n'est point connue avec certitude ; il y a toutefois de justes raisons de croire que c'est la forme « hydrazone » qui est ici la forme stable (notamment l'action des alcalis). M. Lapworth [1] a pensé que la question pourrait être résolue par l'examen des propriétés optiques des produits obtenus par l'action de l'acétylacétate de menthyle sur les sels de diazobenzène, d'azotoluène, etc.

Les azoéthers ainsi préparés sont des corps huileux, qui finissent par cristalliser complètement au bout de quelques mois. Leurs dissolutions benzéniques, par exemple, présentent le phénomène de la multirotation.

Ainsi le corps :



possède, en dissolution benzénique, le pouvoir rotatoire instantané $\alpha_D = -21°,6$, tandis qu'au bout de huit jours ce pouvoir rotatoire a augmenté d'une manière constante jusqu'à — 52°,5.

Cette observation peut être interprétée de différentes manières ; mais une explication complète et probante n'a pu être fournie jusqu'ici.

[1] A. Lapworth : *Journ. of the Chem. Soc.*, t. LXXXIII.

§ 6. — Sciences médicales

Le tic de l'ours chez le cheval. — Le cheval n'est pas un être purement spinal, comme le nouveau-né, selon le mot de Virchow. Il possède une écorce cérébrale dont les réactions retentissent sur ses actes moteurs ; il est capable de volonté, il peut apprendre à répéter, il peut contracter des habitudes.

Il n'est donc pas absurde de parler d'une *activité psychique* chez le cheval, et d'envisager chez lui des actes *psycho-moteurs*, étant entendu que les manifestations de l'activité corticale sont infiniment moins variées et moins perfectionnées chez l'animal que chez l'homme.

D'autre part, les anomalies physiques ou psychiques ne sont pas rares chez le cheval. Il a ses tares corporelles ; il a ses caprices, ses manies, ses habitudes vicieuses. En conséquence, il était intéressant de rechercher si le tic du cheval est, comme chez l'homme, un *trouble psycho-moteur* et s'il peut relever de causes identiques à celles du tic de l'homme, de l'imitation notamment.

C'est cette étude que MM. Rudler, médecin-major, et Chomel [1], vétérinaire de l'armée, ont récemment entreprise, en prenant comme guide les procédés d'observation appliqués aux tics de l'homme par MM. Henry Meige et Feindel, et en s'inspirant de leurs idées.

Ils concluent nettement que, comme chez l'homme, le tic du cheval est bien un trouble psycho-moteur, et en particulier qu'un cheval peut devenir tiqueur par imitation.

Ils ont surtout étudié la variété de tic connue sous le nom de *tic de l'ours*. C'est un mouvement de balancement habituel et rythmé, oscillatoire et symétrique, se produisant par accès, particulier au cheval et comparable à celui qu'exécute l'ours en cage.

Il s'observe de préférence à l'écurie, au moment de la distribution d'avoine, mais aussi dans les intervalles des repas, et au dehors pendant les pansages ou pendant une manœuvre, dès qu'il y a un repos prolongé. Il disparaît habituellement sous l'influence de l'attention, de la gourmandise, pendant la miction, la mastication, le travail.

Un point fort intéressant du travail de MM. Rudler et Chomel est l'étude des phénomènes psychiques présentés par leurs chevaux tiqueurs ; on reconnaît très bien que l'activité cérébrale est troublée chez ces animaux, qu'il y a des modificatiens dans leur manière d'être, dans leur caractère, dans leur émotivité, dans leur affectivité.

Tous les chevaux tiqueurs examinés étaient d'un *nervosisme particulier*, se manifestant par une *agitation insolite* dans certaines circonstances de leur vie. L'un devient fou au manège en présence de la barre, l'autre fait des bonds exagérés après le saut, un troisième est exagérément sensible à la jambe du cavalier. Cette impressionnabilité nerveuse se traduit encore par l'impatience et la colère dès qu'on fait usage du bridon, par la méchanceté à l'égard des autres chevaux, par la peur du moindre objet nouveau, par l'anxiété au ferrage. Beaucoup cherchent souvent à se détacher et sont très sauvages une fois lâchés ; l'un est difficile à seller, l'autre à harnacher. Presque tous ont présenté au dressage des difficultés particulières. Enfin, ils sont instables et changent constamment le membre à l'appui, ou bien ils ont des mouvements d'inquiétude de la tête, ou bien ils grattent fréquemment le sol du pied, ou bien ils mâchonnent leur chaîne au point de s'user les dents.

En somme, les auteurs ont constaté que le tic de l'ours s'observe de préférence chez des animaux ayant, si l'on peut ainsi parler, un état psychique spécial et un caractère particulièrement irritable. Tous ceux qui ont étudié attentivement les chevaux, qui vivent avec eux et qui les aiment, connaissent ces défauts et les retrouveront exagérés chez les chevaux tiqueurs. Il y a là de grandes analogies avec les anomalies psychiques signalées par MM. H. Meige et Feindel chez les tiqueurs humains [2].

Ce n'est pas tout ; les chevaux tiqueurs présentent des stigmates d'asymétrie ou de désharmonie corporelle semblables à ceux que l'on rencontre chez les

[1] Rudler et Chomel : Le tic de l'ours chez le cheval et les tics d'imitation chez l'homme. *Société de Neurologie de Paris*, 4 juin 1903, in *Revue neurologique*, 15 juin 1903.

[2] Henry Meige et Feindel : Les tics et leur traitement. Masson, éditeur, Paris, 1902.

dégénérés : asymétrie du crâne, asymétrie de la face par abaissement d'un œil ou déviation du nez, asymétrie de l'épaule, asymétrie de la hanche. Enfin, ils ont aux membres différentes tares (molettes, hygromas, éparvins).

Ce sont là des stigmates physiques comparables à ceux qu'on décrit chez l'homme, et en particulier chez les dégénérés, où se recrutent les tiqueurs.

Comment naît le tic de l'ours? Par imitation, répondent MM. Rudler et Chomel. Et, à cet égard, leurs observations sont absolument démonstratives; elles confirment, d'ailleurs, ce que l'on tend à admettre de plus en plus, à savoir que non-seulement le tic de l'ours est susceptible de se transmettre par imitation, mais encore que ce facteur étiologique est le seul qui puisse être retenu avec certitude.

Un cheval se balance indéfiniment dans sa stalle aux heures de repos, gênant ses deux voisins, qu'il salue alternativement; dans l'oisiveté qui précède et suit les repas, l'un d'eux ou les deux s'essaient à reproduire ce mouvement; ils y parviennent après des tentatives plus ou moins renouvelées et contractent cette mauvaise habitude motrice. Bien peu de chevaux, toutefois, se laissent entraîner à imiter le balancement de leur voisin; la plupart restent indifférents et impassibles, se contentant parfois de repousser de la tête et des dents l'intrus qui envahit leur domaine. Ceux qui sont « amusés », intéressés, sollicités par les oscillations perpétuelles de leur voisin tiqueur sont précisément les animaux prédisposés par leurs anomalies psychiques, ceux qui ont cette instabilité et ce nervosisme qui rappelle à beaucoup d'égards l'état psychopathique des tiqueurs humains.

Une preuve que le tic de l'ours s'acquiert par imitation, c'est que, si l'on isole le cheval contagionné qui n'en est encore qu'à la période d'imitation proprement dite, d'*échokinésie*, il a bientôt fait d'oublier ses « leçons de tic », et guérit.

Plus tard, lorsque la mauvaise habitude est enracinée, l'isolement ne peut que lui fournir le loisir de s'exercer plus à son aise. Dès ce moment, le tic de l'ours ne guérira plus; il pourra être momentanément délaissé pendant une période de manœuvres et de campement en plein air. Mais, dès qu'il sera de retour dans son écurie, le tiqueur reprendra son balancement, qui pourra à son tour susciter des imitateurs.

Tous ces phénomènes correspondent bien à ceux que l'on a maintes fois observés chez l'homme.

Et, si l'on se rappelle que les chevaux tiqueurs présent tous des stigmates physiques et des anomalies psychiques, que certains, outre le tic de l'ours, ont des habitudes motrices vicieuses (mouvements de tête, mâchonnement, grattage du col), on reconnaîtra que les analogies sont étroites entre les chevaux tiqueurs et les tiqueurs humains.

On entrevoit, dans cette étude, un chapitre tout nouveau de Pathologie vétérinaire, issu d'une judicieuse application à l'animal des résultats obtenus par l'étude des tics chez l'homme.

L'hémiatrophie faciale progressive. — L'hémiatrophie faciale progressive de Romberg est cette affection singulière où l'on voit se raréfier les tissus d'une moitié de la face, si bien que le visage devient étrangement asymétrique. L'atrophie peut porter à la fois sur le squelette, les muscles, le tissu sous-cutané, la peau; elle peut épargner certains de ces tissus; elle peut occuper en totalité une moitié du visage, ou n'en altérer qu'une partie, le front ou le menton par exemple. En même temps, il y a presque toujours une hémiatrophie de la langue. Quelquefois l'épaule, ou même toute la moitié du tronc du côté de l'hémiatrophie faciale, participe à la lésion.

La maladie est purement trophique; en dehors de l'atrophie, il n'existe aucun trouble de la motilité, de la sensibilité, des sécrétions. Aussi, cette maladie locale, qui évolue sans fièvre et sans symptômes généraux, est compatible avec un état de santé organique parfait; mais elle est incurable, toujours progressive, quoique lentement progressive.

Le modèle, le prototype du genre, fut le célèbre Otto Schwann, qui s'exhibait dans les cliniques en vendant la photographie de ses deux profils. MM. Calmette et Pagès[1] viennent d'observer à l'Hôpital général de Montpellier un cas presque aussi parfait.

Il concerne une jeune fille de quinze ans, chez qui la maladie a débuté vers l'âge de douze ans. L'atrophie a été et reste le symptôme unique, à part quelquefois de légères douleurs. Elle est strictement limitée à la moitié du visage et à la moitié de la langue à gauche, sans participation des membres. Elle porte sur tous les tissus, le squelette et les tissus profonds principalement.

Les deux profils ou les deux moitiés du visage ne semblent pas appartenir à la même personne. La demi-figure du côté droit est bien celle d'une jeune fille; la demi-figure du côté gauche est d'une vieille femme.

On a beaucoup discuté sur la nature de cette maladie. Les deux principales théories sont celle de l'*aplasie lamineuse* et la théorie nerveuse qui place la lésion tantôt dans le nerf trijumeau et tantôt dans le sympathique.

L'aplasie lamineuse, l'atrophie primitive du tissu cellulaire sous-cutané, n'explique pas l'atrophie du squelette ni des muscles d'une moitié de la face. Une lésion du trijumeau ne se comprend guère sans trouble de la sensibilité; de plus, l'atrophie peut exister en dehors du territoire de distribution du trijumeau. Il n'y a ni inégalité pupillaire, ni inégalité des pouls carotidiens, ni troubles vasomoteurs, phénomènes qui appartiennent tous aux lésions du sympathique.

Une autre théorie, qui semble plus vraisemblable, a été soutenue par le Professeur Brissaud. En rapprochant les cas d'hémiatrophie faciale qui s'accompagnent d'hémiatrophie du tronc et des membres des exemples d'hémiatrophie sans participation de la face qu'on constate dans les syringomyélies, on peut envisager l'hypothèse d'une syringo-encéphalie, c'est-à-dire d'une lésion (gliomatose) de la substance grise qui entoure le canal épendymaire dans la région du bulbe ou de la protubérance. Si la preuve anatomique de cette localisation n'a pas été donnée, il semble cependant certain que la lésion nerveuse de l'hémiatrophie faciale n'est pas périphérique, mais centrale.

[1] Calmette et Pagès : Un cas d'hémiatrophie faciale progressive. *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, t. XVI, nº 1, p. 26 à 29.

LA VIE ET L'ŒUVRE DE A. CORNU

En rendant hommage à la mémoire de A. Cornu au moment de la mort de ce grand physicien, la Revue *a annoncé à ses lecteurs qu'en raison de l'importance toute particulière et de la haute portée de l'œuvre de l'éminent savant, elle lui consacrerait une étude développée, fondée sur le minutieux examen de tous ses travaux. Notre distingué collaborateur M. C. Raveau, à qui nous avons confié cette lourde tâche, a tenu à réviser tous les écrits du Maître et à relire tous ses mémoires, en s'imposant de vérifier tous ses calculs. C'est le résultat de ce long et patient labeur qu'il a consigné dans l'article suivant.*

L. O.

Après Fizeau, qui put jouir pendant cinquante ans de la célébrité que lui avaient déjà value ses premiers travaux, la Section de Physique de l'Académie des Sciences pouvait espérer conserver longtemps encore son nouveau doyen, lorsqu'une mort imprévue est venue faucher Cornu en pleine activité scientifique, bien avant l'âge où il eût songé à se reposer et à goûter la gloire sereine qui honore le soir de la vie des savants. Cornu était si actif, et ses publications étaient si fréquentes, qu'on pouvait ignorer qu'il eût soixante et un ans ; il était cependant né le 6 mars 1841, à Orléans. En 1860, après une année passée au Collège Sainte-Barbe, il entrait à l'Ecole Polytechnique, puis à l'Ecole des Mines. Il se mit avec ardeur à l'étude de la Minéralogie et s'y consacra avec une passion exclusive, qui, paraît-il, inquiéta un instant ses maîtres. Il était l'élève de Daubrée, qui ne tarda pas à l'estimer à sa valeur et demanda bientôt à être suppléé par lui.

Etant encore élève de l'Ecole des Mines, il fut, par délibération spéciale, nommé répétiteur à l'Ecole Polytechnique le 28 novembre 1864. Il avait passé, au mois de juillet 1863, ses licences ès-sciences mathématiques et physiques. Jamais carrière ne fut aussi simple que la sienne; l'Ecole Polytechnique avait, en 1864, demandé à Fizeau « de succéder à Verdet comme Examinateur des élèves; il accepta cette fonction, qu'il remplit à la satisfaction de tous ; il la résigna en 1867, mais ce fut pour faciliter l'entrée dans la carrière d'un jeune répétiteur[1] », et Cornu fut nommé professeur le 29 mai 1867. Le 19 juin, il soutenait sa thèse de doctorat sur la réflexion cristalline.

En 1875, Cornu entrait au Conseil de l'Observatoire ; en 1878, l'Institut lui accordait le Grand Prix des Sciences Physiques (Prix La Caze), et, la même année, le 3 juin, l'élisait dans la Section de Physique.

En 1884, la Société Royale de Londres le nommait Associé étranger, et, en 1886, il entrait au Bureau des Longitudes. Il est mort le 12 avril 1902, après une très courte maladie.

L'ardeur que lui inspirait l'étude de la Minéralogie entraîna plusieurs fois Cornu à des voyages dans le Harz et en Saxe, pour visiter des gîtes métallifères ; il y allait encore en 1868, alors qu'il était déjà professeur à l'Ecole Polytechnique. C'est, je pense, au cours de l'un de ces voyages qu'il vit Helmholtz à Heidelberg, et s'entretint avec lui de ses travaux sur la gamme.

Pendant la guerre de 1870, Cornu fut quelque temps lieutenant d'artillerie, puis il fut versé au Service télégraphique et imagina divers appareils très ingénieux pour la transmission optique des signaux entre Paris assiégé et la province. Il retrouvait dans ce service M. Mercadier, qu'il avait rencontré au cours d'une mission d'élève-ingénieur à Rodez, et qui était devenu son ami et son collaborateur.

Dans les recherches d'Acoustique qu'ils entreprirent ensemble, Cornu était secondé par une grande finesse d'oreille et un sens musical extraordinaire : il était capable de jouer un air quelconque sur n'importe quel instrument en se laissant guider uniquement par une sorte d'instinct, qui ne le trompait jamais. Pendant son temps d'Ecole des Mines, il s'était particulièrement lié avec M. Sarrau ; ils avaient composé ensemble un *Stabat*, et ils aimaient plus tard à évoquer le souvenir du temps où, pour échapper aux curiosités indiscrètes, ils avaient matelassé les parois de la chambre où ils s'enfermaient pour faire de la musique.

Cornu était très lettré; ses goûts allaient à la littérature classique, dont la forme limpide et la succession des pensées coulant régulièrement plaisait à son esprit lucide et conséquent; en musique, il manifestait les mêmes préférences et réprouvait les procédés de l'harmonie moderne. Compatriote de Jules Lemaître, j'imagine qu'il devait, comme l'écrivain, aimer à penser qu'il était né au cœur de la France, dans une région où les lignes calmes du paysage et la douceur du climat inspirent naturellement des pensées simples qui s'enchaînent facilement. Le plus grave reproche qu'il pût adresser à

[1] Notice sur Fizeau (*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1898).

une œuvre quelconque, c'était d'être incohérente. « En toute chose, aimait-il à dire, il faut de la ligne et de la continuité. »

La carrière scientifique de Cornu a été très laborieuse et particulièrement favorisée par une situation qui, de deux années, en laissa une entièrement libre pour le travail personnel. Il était extrêmement habile et construisait tous ses appareils; il travaillait constamment; un grand nombre d'essais et d'expériences ont été exécutés à Courtenay (Loiret), où il avait une maison de campagne. On sait avec quel soin il s'instruisait lui-même; il avait répété toutes les expériences décrites dans le *Traité d'Optique* de Biot, et il lui arrivait fréquemment de refaire également les expériences qu'il voyait publier. Il était très sévère pour lui-même, et ne se décidait à faire connaître ses travaux que lorsqu'il était entièrement satisfait des résultats et de l'exposition. Dans beaucoup de ses Mémoires, il fait allusion au nombre d'années depuis lesquelles il a commencé à étudier la question.

Cornu a fait son cours régulièrement toute sa vie, sans jamais y manquer. Les élèves estimaient la clarté de son enseignement et l'élégance de ses démonstrations expérimentales. Il fut, à l'occasion, un conférencier brillant : je citerai particulièrement, comme y ayant assisté ou en ayant eu l'écho, la conférence sur les phénomènes optiques de l'atmosphère, faite devant l'Association française pour l'Avancement des Sciences, et, devant le Congrès international de Physique de 1900, la conférence sur la vitesse de la lumière, ainsi que la communication sur la synchronisation électromagnétique, à la Société internationale des Électriciens. La Société Royale de Londres l'a entendu parler de Newton et de la théorie des ondulations.

Cornu fut deux fois Président de la Société française de Physique; la seconde fois, en 1900, il accueillit les physiciens de tout l'Univers, réunis pour la première fois en Congrès international. C'est à ce titre que le Syndicat des Constructeurs d'instruments de précision lui demanda d'écrire la préface de son Catalogue général. Dans l'article nécrologique que la *Physical Review* lui a consacré, un savant américain relève surtout ce qu'il y avait de malicieux dans ses observations présidentielles; il raconte comment, à la fin d'une communication un peu trop longue, Cornu dérida l'auditoire presque assoupi en adressant à l'orateur des compliments ambigus et laissa finalement aux personnes présentes un souvenir agréable d'une séance qui avait mal commencé. On ne saurait contester que la rectitude d'esprit de Cornu était servie par beaucoup de finesse et que son aménité n'était pas toujours exempte d'ironie; mais il n'est que juste de rappeler aussi qu'il lui arrivait également de se lever pour dire le bien qu'il pensait des recherches qu'on venait d'exposer, montrant ainsi qu'il savait s'intéresser chaudement aux jeunes savants et à leurs travaux.

Les recherches expérimentales et théoriques de Cornu sont surtout relatives à l'Optique; sur bien des points, il a complété ou perfectionné l'œuvre de Fresnel; il se rattachait à ce grand génie par l'intermédiaire de son maître Fizeau, qui lui avait appris que l'Optique géométrique ne perd jamais ses droits et que son étude approfondie est le préliminaire indispensable de tout projet d'appareil. Les traités d'Optique physique sont pleins du nom de Cornu; la théorie de la diffraction lui doit une construction élégante, qui a relégué dans le domaine de l'histoire des calculs sans fin; il a reconnu le premier la cause d'anomalies déconcertantes présentées par les réseaux qui servent à la détermination des longueurs d'onde, et, plus tard, fourni une contribution importante à la théorie des réseaux courbes construits par Rowland. Il a éclairci définitivement la question de l'achromatisme des franges d'interférence et rendu l'explication désormais inoubliable en créant l'expression de *frange achromatique*.

Reprenant la question de la réflexion et de la réfraction cristallines, qui n'avait jamais été traitée en France, il montra comment on pouvait, en s'inspirant des idées de Fresnel, traiter ce problème, pour lequel on n'avait proposé que des solutions basées sur des hypothèses très différentes en apparence. La théorie si compliquée de la réflexion métallique peut également être embrassée d'un coup d'œil au moyen d'une image géométrique très simple, et l'étude expérimentale a révélé entre les propriétés des métaux et celles des substances vitreuses absorbantes une similitude qu'ont confirmée et utilisée bien des travaux postérieurs, en particulier les recherches récentes sur les rayons de l'extrême infra-rouge. Enfin, l'Optique cristallographique a vu, grâce à Cornu, disparaître une difficulté depuis longtemps soulevée dans la théorie de la réflexion totale.

Les autres régions de l'Optique ne doivent pas moins à Cornu; ses déterminations de la vitesse de la lumière par la méthode de Fizeau et celles qu'il a inspirées fournissent des résultats et représentent un effort qui contrebalancent ce qu'ont réalisé, par la méthode de Foucault, plusieurs savants américains qui disposaient, pour leurs recherches, des ressources considérables. Cette question de la vitesse de la lumière est intimement liée à celle de la parallaxe du Soleil; Cornu a pris une très grande part à l'observation photographique du passage de Vénus et à la discussion des résul-

tats. La photographie lui est encore redevable d'un procédé simple et infaillible pour éviter les inconvénients causés par le halo.

Cornu a découvert l'existence d'une similitude inattendue entre les groupes de raies de corps très différents, similitude qui est aujourd'hui, grâce aux travaux de ses successeurs, reconnue comme extrêmement étendue; mais, dans le domaine de la spectroscopie, il a fait surtout faire un progrès immense à l'étude de l'absorption de l'atmosphère terrestre en donnant un moyen de reconnaître immédiatement, d'un seul coup d'œil, si une raie du spectre solaire est d'origine tellurique. Les phénomènes optiques de l'atmosphère étaient l'objet de ses observations constantes; il a créé des appareils pour les étudier et décrit la façon de reproduire certains d'entre eux. Les perfectionnements très variés qu'il a apportés à divers instruments d'Optique et les inventions qu'il a réalisées dans ce domaine ont été presque toujours suscités par des questions que posait l'Astronomie. Cherchant sans cesse à deviner les secrets de l'atmosphère et à pénétrer la constitution du Soleil et des étoiles, il accomplissait de la façon la plus élevée la prescription du dieu, qui, comme l'a dit le poète :

Os homini sublime dedit, cœlumque tueri
Jussit et erectos ad sidera tollere vultus.

Tous les ans, Cornu passait quinze jours à l'Observatoire de Nice, et l'on verra en plusieurs passages de cet article qu'il s'y occupait des questions les plus variées [1].

Pour achever cette rapide esquisse, dont nous reprendrons ci-dessous les principaux traits, il suffit de citer la solution si élégante et si parfaite que Cornu a donnée du problème de la distribution de l'heure et de la synchronisation.

La bibliographie complète des œuvres de Cornu serait très étendue; dans l'exposé sommaire de ses travaux qui va suivre, nous ne donnerons de renvois qu'aux publications qui ont occasionnellement inséré des Mémoires étendus. On trouvera l'ensemble de l'œuvre dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*; un grand nombre des Notes ont été reproduites dans le *Journal de Physique* et le *Bulletin astronomique*. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* contient également des Notices relatives à des questions d'Optique et d'Électricité.

I. — Cristallographie. Optique cristalline. Réflexion.

Parmi les premières publications de Cornu figurent des *Extraits de Minéralogie*, parus dans les *Annales des Mines* de 1864 à 1867.

A la même époque, il publiait des Notes relatives à la réflexion isotrope et cristalline, puis, dans le tome XI des *Annales de Physique et de Chimie* (1867), donnait son Mémoire complet sur la réflexion cristalline.

Dans la première partie de son Mémoire, Cornu montre comment on peut combler la lacune que constitue, dans la théorie de Fresnel, la nécessité où l'on est d'admettre, sans autre explication, qu'il y a discontinuité des composantes vibratoires normales à la surface de séparation. Il remarque ingénieusement que ces composantes sont dans un rapport constant, de sorte qu'on peut « substituer à la continuité géométrique des mouvements une sorte de continuité mécanique entre les quantités de mouvement »... « Les résultats » de la théorie de Fresnel ainsi complétée « sont, d'ailleurs, identiques » à ceux de la théorie de Mac Cullagh, « et A. Cornu montre qu'un simple changement de notations transforme identiquement les unes dans les autres les formules auxquelles elles conduisent »; ainsi s'exprime Bertrand dans le Rapport qu'il présenta à l'Académie sur le Mémoire de Cornu. L'exposition de ces questions a beaucoup gagné en simplicité depuis que la Théorie électromagnétique de la Lumière nous a habitués à considérer simultanément plusieurs vecteurs lumineux en nous donnant *a priori* les conditions aux surfaces de discontinuité et que le théorème de Poynting nous a révélé le mécanisme de la décomposition de l'équation des forces vives de Fresnel, et il semble qu'on oublie un peu trop aujourd'hui comment Cornu avait, dès ses débuts, reconnu l'identité de résultats obtenus par deux voies en apparence si opposées.

Les conditions à la surface d'un milieu cristallin sont plus difficiles à établir; Cornu choisit les hypothèses qui lui permettent d'obtenir des résultats identiques à ceux de Neumann et de Mac Cullagh. Parallèlement à la surface, les forces (et non plus les déplacements) sont continues; perpendiculairement à la surface, les quantités de mouvement sont continues, mais il ne s'agit ici que des composantes efficaces, au sens de Fresnel, c'est-à-dire situées dans le plan de l'onde. Enfin, la densité est variable avec la direction. On pense bien que Bertrand n'approuve pas sans réserves la tentative de Cornu, et que, tout en reconnaissant que « M. Cornu a fait preuve d'un esprit fort ingénieux, qui, pour lutter contre ces questions difficiles, sait s'inspirer de la hardiesse parfois excessive et presque toujours heureuse de son illustre guide, Augustin Fresnel », il déclare qu'il louerait plus volontiers « des tentatives qui, sans donner des conclusions

[1] M. Perrotin, directeur de l'Observatoire de Nice, a bien voulu me communiquer, sur l'œuvre de Cornu à l'Observatoire, une Notice qui m'a été fort utile dans ma rédaction.

aussi satisfaisantes, paraîtraient plus solidement fondées ».

Pour apprécier exactement la valeur de l'essai de Cornu, il faut se rappeler que Fresnel a mis à la base de sa théorie de la réflexion vitreuse et de sa théorie de la double réfraction, ou mieux de la propagation de la Lumière dans un cristal, deux hypothèses incompatibles relatives à la densité de l'éther. Dans le langage de la Théorie électromagnétique de la Lumière, la *vibration lumineuse* que considère Fresnel pour étudier la réflexion vitreuse est la *force électrique*; au contraire, dans l'étude de la double réfraction, il introduit une *force élastique* et une *vibration* dont la direction et les relations mutuelles sont les mêmes que celles de la *force électrique* et du *déplacement électrique*.

Cornu cherche à conserver tout ce qu'il peut des principes de la théorie de la réflexion vitreuse; le vecteur dont la composante parallèle à la surface est continue est la force électrique; à l'intérieur du cristal, c'est la force élastique de Fresnel; à l'extérieur, c'était, dans le cas des corps isotropes, la vibration même; Cornu admet que la vibration est proportionnelle à la projection de la force sur cette vibration, par un facteur constant indépendant du milieu. Ainsi, dans les corps isotropes, la force peut jouer le rôle que jouait précédemment la vibration. Normalement à la surface, le vecteur continu est le déplacement électrique; Cornu, qui cherche un vecteur dont les composantes normales soient dans le rapport du carré des indices de réfraction, conserve à l'extérieur du cristal la vibration, qu'il a supposée proportionnelle à la force; à l'intérieur, il doit multiplier la vibration de Fresnel ou le déplacement électrique par le carré de la vitesse de propagation de l'onde : c'est ce qu'il fait en substituant à cette vibration la projection de la force sur sa direction.

Dans la deuxième partie du Mémoire, Cornu établit une série d'élégants théorèmes relatifs à la rotation des plans de polarisation dans la réflexion cristalline. Enfin, il expose quelques vérifications de la théorie et décrit un appareil destiné à figurer les rotations des plans de polarisation dans la réflexion isotrope; la partie essentielle est un joint universel ou joint hollandais, dont les deux parties tournent d'angles dont les tangentes restent dans un rapport constant.

En observant la réflexion totale de la lumière sur une face cristalline, on peut déterminer immédiatement l'indice maximum et l'indice minimum; les mesures donnent en même temps deux autres indices, dont l'un est l'indice moyen. Comment distinguer cet indice de la quatrième valeur observée, sans avoir recours à une nouvelle série de mesures faites sur une autre face? A cette question, qui se posait depuis longtemps déjà, Cornu répond en montrant que le quatrième indice correspond à un rayon déterminé d'une façon très simple : par le centre de l'ellipsoïde :

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1,$$

on mène une droite OI perpendiculaire à la face d'entrée; au point I où cette droite rencontre l'ellipsoïde, on mène la normale ON à cet ellipsoïde; le plan OIN contient le rayon parasite. Celà permet d'établir une relation entre les cosinus directeurs de la normale à la face, les trois indices principaux et l'indice singulier, relation qui sera, ou non, vérifiée suivant le choix qu'on aura fait entre les deux indices intermédiaires donnés par la méthode de la réflexion totale. Enfin, on peut déterminer, au moyen du réfractomètre, non seulement les grandeurs des paramètres, mais encore l'orientation des axes dans le cristal; il suffit de placer un trièdre trirectangle, connaissant les traces de ses faces sur un plan.

Une importante contribution à l'étude de la double réfraction est le Mémoire sur la réfraction à travers un prisme suivant une loi quelconque (*Annales de l'École Normale Supérieure*, 1873 et 1875), dont la partie expérimentale contient une vérification très précise de la forme de la surface des ondes dans le spath.

La théorie de la réflexion métallique a reçu de Cornu une simplification notable, par la découverte d'une construction géométrique obtenue comme résultat de l'expérience et qui se trouve fournir des résultats très peu différents de celui de la formule de Cauchy. Plus tard, une étude de la réflexion des radiations ultraviolettes conduisit Cornu à découvrir que le coefficient d'ellipticité des substances vitreuses croît avec la réfrangibilité des radiations réfléchies. Lorsque, dans le spectre visible, le coefficient d'ellipticité est déjà élevé, le corps présente la réflexion métallique dans l'ultraviolet; le passage est graduel d'une réflexion à l'autre. Pour opérer, Cornu photographie les franges d'un compensateur de Babinet et déduit l'ellipticité de la position de ces franges; une seule épreuve pourrait suffire, à la rigueur, pour cette détermination.

II. — Diffraction. Réseaux.

Tous les étudiants connaissent la construction géométrique par laquelle Cornu a remplacé le calcul pénible des intégrales de Fresnel; il est difficile de se figurer aujourd'hui la difficulté et l'aridité que devait présenter autrefois l'étude de la diffraction. Par contre, ce qu'on oublie trop

peut-être, c'est que cette courbe est bien loin d'avoir pour but de supprimer l'étude précise des phénomènes, qu'elle pourrait, au contraire, être construite avec soin et non tracée au hasard et servir de base à des vérifications numériques. Je m'étonne un peu aussi qu'on ne songe jamais, en employant la méthode graphique, dans ce cas comme dans celui des réseaux, à chercher de quelle façon le cercle que l'on considère pour les réseaux se rattache à la spirale de Cornu, question qui se pose dès qu'on veut passer au cas de l'observation à l'infini. En fait, le lien n'est pas très étroit, parce que Cornu fait avec Fresnel une hypothèse simplificatrice en admettant la proportionnalité des angles aux sinus, hypothèse qu'on ne fait plus quand on traite des réseaux. On peut, cependant, indiquer que le cercle des réseaux est la forme limite d'une spire qui se resserre autour du point asymptotique.

Cornu s'est occupé pendant de longues années des propriétés des réseaux ; il montra le premier que les foyers extraordinaires que présentent souvent les réseaux plans sont dus à l'inégale répartition des traits. Il avait été conduit à cette découverte par l'observation des images focales que fournissait le réseau formé par les franges qu'il photographiait dans ses études sur l'élasticité (voir plus bas, VII). Plus tard, il développa la théorie complète des réseaux, dont la surface est assimilable à une portion de surface du second degré offrant un plan de symétrie normal à la direction des traits ; il considère les rayons qui se propagent dans ce plan. Quant à l'écart des traits, on admet qu'il est représenté par une expression de la forme :

$$s = bt + ct^2,$$

dans laquelle on donne à t des valeurs entières. On obtiendrait cette distribution avec une machine à diviser si le développement du filet de la vis, au lieu d'être une droite, était une parabole, comme dans la rayure des armes à feu. La quantité qui joue un rôle est le quotient $\frac{b^2}{2c}$, que Cornu appelle *paramètre de distribution*. L'équation générale qui relie les angles d'incidence et de diffraction et les distances de la source et des images au réseau contient, outre le rayon de courbure du réseau dans le plan normal aux traits, ce paramètre de distribution, qui disparaît quand on suppose que la distance des traits, comptée sur l'arc, est rigoureusement constante.

Si simple que soit cette équation générale, sa discussion est trop longue pour qu'il y ait lieu de rappeler ici d'autres résultats que les suivants : tous les points du plan de symétrie du réseau se répartissent sur une famille de couples de courbes, telles qu'à un point d'une courbe de l'un des couples, pris comme source, correspondent, comme foyers, tous les points de l'autre courbe du même couple. Les deux courbes d'un couple sont dites courbes focales conjuguées. Il y a une courbe qui est conjuguée d'elle même ; c'est la courbe focale principale. C'est une cissoïde de Dioclès, qui se réduit, dans le cas où l'équidistance des traits est parfaite, à une droite parasite et à un cercle, qui est celui que Rowland avait utilisé dans ses réseaux concaves. Enfin, il est facile de calculer séparément le rayon de courbure et le paramètre de distribution, dont les inverses figurent linéairement dans les équations ; il est particulièrement commode de laisser invariables la position de la source et la direction de diffraction et de faire tourner le réseau de 180° dans son plan[1], ou encore, ce qui revient au même, d'opérer sous des incidences symétriques par rapport à la normale.

Cornu trouve des vérifications de sa théorie dans des expériences exécutées antérieurement et sans l'aide des mêmes idées directrices par différents auteurs. Il insiste surtout sur une propriété découverte par Rydberg : les réseaux courbes de Rowland présentent une asymétrie singulière ; quand on les fait tourner de 180°, de façon à renverser les traits, l'image se déplace. Ce fait ne peut s'expliquer que par une variation de la distance des traits ; mais il est bon, je crois, de faire observer que cette variation n'implique pas nécessairement une inégalité dans le pas de la vis, et qu'il suffit d'admettre, avec Rydberg, que le plan moyen du réseau n'est pas exactement perpendiculaire à celui dans lequel se meut le tracelet de la machine à diviser.

Reste à étudier le mécanisme élémentaire de la formation des images, c'est-à-dire la marche des rayons, issus d'un point, après diffraction ou réflexion sur un seul trait, élément linéaire d'un réseau. Cornu utilise le théorème suivant : Les droites qui rencontrent à la fois deux coniques dont les plans sont rectangulaires et dont chacune a respectivement pour foyers et pour sommets les sommets et les foyers de l'autre constituent des cônes de révolution ayant pour sommets chacun des points des deux coniques et pour axes la tangente en ce point. On en déduit aisément que, si l'une des coniques est réalisée matériellement par un fil très fin réfléchissant, les rayons lumineux émanés d'un des points de la seconde rencontrent à nouveau cette seconde conique après réflexion sur la première. Si l'élément réfléchissant est un

[1] Les résultats qualitatifs peuvent s'exprimer, dans ce cas, d'une façon très simple. La rotation du réseau ne change pas la position du foyer, si les traits sont équidistants ; si, en outre, la courbure est nulle, le rapport des distances de l'image et de la source au réseau ne dépend que des angles d'incidence et de diffraction.

petit arc quelconque, on peut toujours déterminer une conique à laquelle il soit osculateur et telle que la conique conjuguée contienne un point lumineux donné. Dans le modèle construit par Cornu, le fil réfléchissant est une aiguille à tricoter courbée circulairement, et la caustique vient se former sur un carton où sa position a été dessinée d'avance. Quant aux applications directes à la théorie des réseaux, elles n'ont pas, à ma connaissance, été publiées.

III. — Vitesse de la lumière. Parallaxe du Soleil.

En 1871, Cornu fit connaître le résultat de ses premières expériences sur la vitesse de la lumière, qu'il exécuta entre l'École Polytechnique et le Mont-Valérien, et qui durèrent jusqu'en 1873. Les préparatifs de l'Expédition pour l'observation du passage de Vénus ramenèrent l'attention des astronomes sur l'utilité d'une détermination précise de la vitesse de la lumière; au commencement de 1874, le Conseil de l'Observatoire de Paris, sur la proposition de Le Verrier et de Fizeau, décidait de procéder à de nouvelles mesures et chargeait Cornu de cette tâche. Il est inutile d'exposer à nouveau ici la théorie classique de la méthode de la roue dentée et les perfectionnements qu'y apporta Cornu en introduisant un appareil enregistreur; le tome XIII des *Annales de l'Observatoire de Paris* est constitué par le Mémoire complet, dont la lecture, comparée par exemple à la Note concise du *Journal de Physique*, montrera quelle distance sépare un exposé théorique de la réalisation pratique d'une expérience difficile, conduite avec une habileté consommée et le souci de discuter minutieusement les moindres circonstances que présentent les observations et les particularités les plus minimes des appareils. C'est dans ce Mémoire et dans quelques autres, qui seront signalés en leur lieu, qu'il faut aller chercher Cornu lui-même et reconnaître que l'élégance de ses exposés et la simplicité définitive de ses expériences typiques sont le résultat d'études approfondies. Les phénomènes et les appareils ne se prêtent pas aussi facilement que pourrait le faire croire la lecture superficielle d'un Mémoire résumé à des démonstrations claires et irréfutables, et ce n'est qu'après de patientes études de détail et des modifications multiples des dispositifs que Cornu pouvait arriver à donner à ses expériences cette frappante simplicité et ce parallélisme complet avec les formules qui nous donnent, quand on les compare au calcul mathématique, à peu près la même impression que le rapprochement d'une solution géométrique et d'une solution analytique, laquelle se trouve matérialisée par la première, sans subir aucune modification dans son essence.

Ce qui nous intéresse aujourd'hui, c'est surtout de rappeler qu'à l'Observatoire de Nice, sur les indications de Cornu, de nouvelles déterminations ont été exécutées par M. Perrotin sur une distance de 46 kilomètres et qu'on espère arriver à opérer entre la France et la Corse.

Le Rapport sur la vitesse de la lumière, que Cornu écrivit pour le Congrès de Physique de 1900, nous donne de précieux renseignements sur son opinion définitive relativement à l'interprétation si controversée des expériences.

Cornu incline à croire que la divergence des nombres fournis par les deux méthodes, celle de la roue dentée et celle du miroir tournant, a une origine systématique et que la méthode du miroir tournant ne peut être considérée comme parfaitement correcte pour plusieurs raisons : 1° la rotation du miroir modifie les conditions de la réflexion; 2° les rayons qui se réfléchissent sur le miroir fixe sont animés, normalement à leur direction, d'une vitesse qui, dans les expériences de M. Newcomb, dépasse $\frac{1}{64}$ de celle de la lumière; 3° le mouvement rapide que prend l'air au voisinage du miroir tournant peut entraîner l'éther lumineux. Il faut ajouter que la substitution d'un miroir plan au miroir concave employé par Foucault et Fizeau supprime la fixité de l'image de retour. Le Rapport insiste beaucoup sur la supériorité de la méthode de Fizeau, au point de vue de l'Optique géométrique; mais je dois dire que certaines critiques adressées au dispositif de M. Michelson ne paraissent pas s'appliquer à celui de M. Newcomb.

La théorie du miroir tournant avait été discutée en 1886 par Lord Rayleigh, Gibbs, MM. Gouy et Schuster. M. H. A. Lorentz vient de publier un Mémoire sur cette question, sans faire aucune allusion aux travaux de ses devanciers. Il trouve, comme eux, que la rotation du miroir a pour seul effet, au moins au point de vue purement géométrique, de modifier la courbure de l'onde réfléchie. Il en résulte que l'image ne se forme plus exactement sur le miroir fixe; mais le calcul montre que le défaut de netteté qui résulte de ce déplacement pour l'image de retour est négligeable. M. H.-A. Lorentz considère comme sans importance, sans donner de raisons, la modification de longueur d'onde qui résulte également du mouvement du miroir, en vertu du principe de Döppler-Fizeau, modification dont l'étude avait été l'objet essentiel des travaux antérieurs; il recherche surtout l'influence de la diffraction, et traite à ce point de vue la réflexion sur le miroir fixe; au premier degré d'approximation, le centre de l'image de retour occupe exacte

ment la position théorique. Enfin, le calcul numérique semble établir que la variation de densité de l'air au voisinage du miroir tournant, non plus que sa vitesse, n'exercent aucun effet appréciable sur le mouvement des rayons lumineux.

M. H.-A. Lorentz est donc porté à croire que la méthode du miroir tournant est aussi correcte, dans son principe, que celle de la roue dentée. De quel côté devons-nous chercher la cause des divergences qui subsistent entre les résultats? Il est bien regrettable que nous n'ayons pas la réponse de Cornu; en tout cas, il nous a laissé l'indication d'une méthode qui permettrait d'opérer avec une correction absolue, en employant un miroir tournant; elle revient, en somme, à placer au delà du miroir deux collimateurs conjugués comme ceux de Fizeau, idée d'une admirable simplicité, à laquelle Cornu avait donné un commencement de réalisation en signalant les nombreuses difficultés qu'elle soulèverait. Elle conduit à penser immédiatement que l'on pourra un jour opposer directement les deux méthodes et vérifier, sur un même appareil, si des rayons qui ont parcouru le même trajet reviennent en même temps lorsque le passage leur a été donné à travers le vide d'une roue dentée ou par réflexion sur une position convenable du miroir tournant[1].

Je signale encore dans ce chapitre les travaux exécutés en commun avec M. Fizeau à l'occasion du passage de Vénus et notamment la discussion des méthodes de mesure des épreuves photographiques et cette mesure elle-même, dont on trouvera l'exposé dans les *Documents relatifs à la mesure des épreuves photographiques du passage de Vénus*.

[1] L'étude de la question m'a fait éclaircir deux points de détail qui valent peut-être qu'on les signale :

1° D'après les souvenirs de Fizeau, rapportés par Cornu, c'est à Foucault que revient l'idée de rendre fixe l'image de retour par réflexion normale sur un miroir auxiliaire. Cependant Bessel avait, dès la première publication d'Arago, proposé de laisser fixes le second et le troisième miroirs, ajoutés pour multiplier la rotation, et on lui attribue quelquefois l'idée due à Foucault. En fait, Bessel n'a pas remarqué l'avantage qu'il y aurait à employer un miroir renvoyant normalement la lumière et Foucault lui-même considérait l'artifice de Bessel comme complètement différent du sien; il s'est servi, au moins dans des essais, d'un miroir fixe placé entre le miroir sphérique et le miroir tournant, très près de celui-ci, pour doubler la rotation observée.

2° Il est à craindre que Cornu n'ait été d'une sévérité exagérée en pensant que, dans le dispositif de MM. Young et Forbes, il n'y a point de rayons de retour proprement dits et qu'on ne voit d'image que par suite de la diffraction. Celà serait vrai dans le cas du dispositif de Fizeau, où l'image de la source se forme sur l'objectif du collimateur de retour, mais il n'en est plus de même si le collimateur éclairant est réglé exactement à l'infini. On voit que la question est délicate, mais il ne faudrait pas, cependant, que cette remarque pût susciter le moindre doute relativement à l'importance que Cornu attachait si justement aux conditions géométriques de l'expérience.

IV. — Interférences. Polarisation rotatoire. Phénomène de Zeeman.

Fresnel, en étudiant les indices de la topaze, avait déjà remarqué que le déplacement des franges observées en lumière blanche dans l'interférence de deux faisceaux qui ont traversé des milieux dispersifs est un phénomène complexe; Airy, à une époque où la théorie ondulatoire rencontrait encore des adversaires, avait été amené à discuter complètement ce qu'on observe quand on regarde les franges des miroirs de Fresnel à travers un prisme et à montrer que la déviation de la frange centrale n'est pas celle que le prisme ferait subir aux rayons moyens du spectre; Sir Georges Stokes a également publié une courte Note sur la même expérience.

En reprenant cette discussion un peu oubliée, Cornu a introduit l'heureuse expression de *frange achromatique* et montré qu'une telle frange, pour laquelle toutes les couleurs, ou au moins les plus intenses pour l'œil, sont altérées *dans la même proportion* par l'interférence, se trouve en un point où la phase, considérée comme fonction de la longueur d'onde, passe par un maximum ou un minimum. Il est aisé de voir, en effet, que, la dispersion déplaçant de quantités diverses le zéro des franges relatives aux diverses couleurs, la différence de largeur de ces franges aura pour effet de rétablir la coïncidence des phases pour le rouge et le violet. Cette façon d'exposer la théorie permet d'énoncer la loi suivante, qui pourra, je pense, être utile dans les applications : La distance de la frange achromatique aux points où la différence de marche passe par zéro pour deux radiations situées de part et d'autre de la région la plus brillante du spectre est proportionnelle à la longueur d'onde de ces radiations.

Dans une de ses dernières publications[1], Cornu indique comment il a étudié plus complètement divers problèmes et, en particulier, traité la question des franges de la topaze observées par Fresnel. Comme l'avait fait M. Righi, il regarde les franges à travers un spectroscope dont la fente est normale à leur longueur; la déviation u, grâce à la combinaison de deux prismes, l'un en flint et l'autre en crown, a pour valeur une expression de la forme $u_0+\frac{h}{\lambda}$, h étant une constante. Comme, d'autre part, l'expression de la différence des deux indices utilisés de la topaze est sensiblement de la même forme, il en résulte que les franges nouvelles qu'on aperçoit dans le spectre sont des hyperboles, dont une asymptote est parallèle à la fente; l'autre asymp-

[1] Observation spectrale des franges d'interférence (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles* [II], VI, 593).

lote, qui est la ligne médiane d'une frange blanche, correspond, pour chaque radiation, à une différence de marche nulle; elle donne la position de la frange centrale calculée. La frange centrale observée correspond, au contraire, au point où, dans la région la plus brillante du spectre, une hyperbole a pour tangente une droite perpendiculaire à la fente du spectroscope. Des formules très simples relient les positions de la frange centrale calculée et de la frange achromatique avec la loi de dispersion des lames employées. La cotangente de l'angle des asymptotes est proportionnelle à la distance de la frange achromatique à la frange centrale calculée.

La théorie de la frange achromatique est devenue rapidement classique; à ce titre, elle mérite d'être examinée dans le détail de ses applications. Cornu l'a découverte en cherchant à expliquer une anomalie qu'il avait rencontrée dans ses études sur la vitesse des ondes circulaires et qui s'était manifestée depuis longtemps dans une expérience due à Fresnel et Arago. Quand on fait interférer deux faisceaux qui ont traversé un quartz normal à l'axe placé entre un analyseur et un polariseur, on voit, en lumière blanche, apparaître, outre le système de franges attendu au centre du champ, deux autres systèmes latéraux plus pâles; Fresnel voyait dans leur existence une preuve de l'interférence des rayons circulaires droits et gauches qui, dans sa théorie, doivent sortir du quartz. L'explication fut contestée, depuis, pour deux raisons : en lumière monochromatique, on n'observe qu'un seul système de franges parfaitement régulier et couvrant tout le champ; quant aux franges latérales en lumière blanche, leur position n'est pas celle où la différence de marche serait nulle entre les deux circulaires inverses pour la région la plus brillante du spectre. Le premier argument est irréfutable; quant au second, on ne saurait se contenter, pour l'écarter, de répondre que les systèmes latéraux ont pour centre, non une frange de retard nul, mais une frange achromatique, puisqu'en lumière monochromatique les systèmes de franges sont tous symétriques par rapport au même point, ce qui exclut, d'après la façon dont on a exposé plus haut la théorie, l'existence de cette frange achromatique.

En fait, l'apparition des systèmes latéraux tient surtout à l'existence de l'analyseur, grâce auquel on observe la superposition de systèmes de franges dans lesquels l'intensité des maxima est une fraction *variable*, qui même peut être nulle, de celle de la radiation correspondante dans la lumière incidente. Pour préciser cette explication, supposons qu'on éclaire par une source qui ne contienne que deux radiations monochromatiques; on aura, en dehors du centre, des franges nettes aux points où les deux radiations auront des phases égales (non d'une façon absolue, ce qui est impossible, mais à $2n\pi$ près); en lumière blanche, les systèmes latéraux apparaissent au voisinage des points où deux radiations situées de part et d'autre de la région la plus brillante du spectre, atténuées dans la même proportion par l'analyseur et aussi voisines que possible, présentent une différence de marche de 2π. Cette condition est équivalente à celle qu'a donnée Cornu.

En insistant si longuement sur ce point, j'ai voulu surtout rappeler qu'il ne suffisait pas, pour expliquer une expérience dont l'interprétation a été très discutée, de parler de frange achromatique. Il ne faut pas oublier comment la théorie parvient à embrasser un cas qui semblerait devoir lui échapper; Cornu montre que l'intensité, dans le champ interférent, est la somme de deux termes : un terme *blanc* (d'ordre supérieur) et un terme coloré dont l'expression se trouve être de la même forme que celle qu'on rencontre dans des cas plus simples. D'ailleurs, on peut modifier l'expérience et faire passer deux faisceaux circulaires à travers un quartz à deux rotations; l'interférence ne donne plus qu'un système de franges dissymétrique; dans ce cas, seul spécifié par Cornu dans son dernier Mémoire, l'analyse spectrale fait bien voir des bandes hyperboliques, tandis que, dans le dispositif de Fresnel et Arago, on ne pourrait observer que des franges en éventail symétriques, recoupées de bandes parallèles à la fente du spectroscope et dues à l'analyseur.

L'anomalie dont j'ai parlé plus haut se présentait dans l'expérience où Cornu comparait les vitesses de propagation suivant l'axe optique des ondes circulaires de sens inverse à la vitesse de l'onde ordinaire perpendiculairement à l'axe, en faisant interférer deux faisceaux qui avaient traversé deux blocs de quartz égaux, l'un parallèle, l'autre perpendiculaire. On obtient deux systèmes de franges, distants du centre de quantités égales; cette égalité suffit pour qu'on puisse conclure que la vitesse ordinaire est la moyenne des deux vitesses circulaires; mais Cornu ne se tint pas pour satisfait tant qu'une particularité inexpliquée put subsister et il voulut expliquer pourquoi ces deux déviations, dont l'égalité seule importait à sa démonstration, n'avaient pas la valeur absolue qui convenait. L'expérience était faite également sur la polarisation rotatoire magnétique. Plus tard, à propos du phénomène de Zeeman, Cornu établit que cette rotation et le dédoublement en deux rayons circulaires n'entrainent aucune modification de la longueur d'onde, laquelle ne peut varier que dans la naissance même des vibrations, comme l'ont prouvé Zeeman et, en étudiant l'influence de la pression, MM. Humphreys et Jewell.

Ces questions de la permanence de la longueur d'onde et du dédoublement effectif d'un rayon polarisé rectilignement en deux circulaires semblent avoir été connexes dans l'esprit de Cornu et elles étaient liées à l'hostilité qu'il a toujours témoignée contre l'application des formules de Fourier à la théorie de la lumière. Si délicate que soit cette question, il est difficile de ne pas en parler ici. Dans son Rapport sur la vitesse de la lumière, Cornu ne fait guère d'allusion aux travaux des physiciens éminents qui ont indiqué que les diverses méthodes de détermination de la vitesse de la lumière ne donnent pas des résultats ayant la même signification théorique; la raison de ce silence apparaît suffisamment quand on feuillette les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* de 1881, mais il est impossible de ne pas tenir compte de l'opinion opposée à celle de Cornu. Autant que j'en peux juger, Cornu adressait à la représentation du mouvement lumineux par une série de Fourier un reproche qui reparaît plus ou moins explicitement dans diverses objections qui ont été faites depuis, à savoir que la décomposition est en partie arbitraire et que, par suite, l'amplitude qui correspond à une longueur déterminée est variable, ou inversement que la longueur d'onde d'un mouvement donné est sujette à varier suivant le mode de calcul, tandis que l'expérience nous a toujours montré qu'elle est invariable. Cornu, semble-t-il, concevait chaque mouvement de période donnée comme ayant une individualité, qu'il est pourtant difficile de s'expliquer si l'on admet un éther unique pour transmettre toutes les vibrations. Il me semble, d'ailleurs, que la série (ou mieux l'intégrale) de Fourier, tout en considérant les différents mouvements comme de même nature, assure suffisamment cette individualité, puisqu'elle décompose la résultante en éléments tels que la somme de leurs énergies soit l'énergie totale. Cette considération est toutefois encore une abstraction, puisque les éléments qui y figurent sont des vibrations illimitées dans le temps et dans l'espace; mais elle permet d'appliquer les lois de l'Optique, considérées comme rigoureuses seulement pour ces éléments, et de calculer ce qui doit passer d'énergie dans une région déterminée du plan focal d'un spectroscope donné. Si l'on change de spectroscope, la répartition n'est plus la même; mais il n'y a néanmoins ni ambiguité ni contradiction puisque la base du calcul, pour chaque appareil, est toujours la répartition de l'énergie dans l'échelle du spectre.

Cornu croyait de même à l'existence réelle de deux rayons circulaires à l'intérieur d'un quartz, tandis qu'il est possible, en traitant la question comme un problème de diffraction, de ne considérer la séparation qu'à la sortie. L'expérience qu'il a faite sur un prisme de quartz dont le plan bissecteur est normal à l'axe ne nous révèle pas ce qui se passe à l'intérieur, et, d'ailleurs, il a reconnu que la théorie qu'il combattait donnait des *équivalences cinématiques*. Ici, je serais tenté de dire aux physiciens qui insisteraient sur cette équivalence et sur l'impossibilité de savoir ce qui se passe à l'intérieur du quartz : « Vous ne contestez pas qu'il y ait intérêt à considérer un mouvement lumineux quelconque comme l'intégrale de mouvements élémentaires dans lesquels correspond à chaque longueur d'onde une intensité déterminée; cette décomposition est légitimée par l'addition des énergies. Trouvez bon, dès lors, que l'on considère comme composantes véritables de la vibration rectiligne dans le quartz les vibrations circulaires dont les déplacements et les énergies s'ajoutent pour reproduire le déplacement et l'énergie de cette vibration rectiligne. » En fait, il semble bien établi aujourd'hui que l'équivalence est complète entre les deux manières de voir, relativement à la polarisation rotatoire, et qu'on ne peut invoquer aucune expérience ni pour ni contre aucune d'elles.

En admettant la loi de Verdet et la loi de la moyenne des vitesses[1], Cornu démontre que la surface d'onde dans un champ magnétique uniforme se compose de deux sphères égales dont la ligne des centres est une ligne de force magnétique, ce qui conduit à prévoir une double réfraction d'un genre particulier dans la direction normale aux lignes de force. Quant à la loi de Verdet elle-même, des expériences exécutées en commun avec M. Potier vérifient avec précision une conséquence équivalente à la loi elle-même jusque dans des directions presque perpendiculaires au champ magnétique.

Lors de la brillante découverte de Zeeman, Cornu s'appliqua d'abord à contrôler les résultats annoncés et à les démontrer d'une façon incontestable. Un article de l'*Éclairage électrique* contient la description détaillée des méthodes optiques relatives à l'observation et à la distinction des faisceaux polarisés circulairement. Les résultats sont exprimés sous une forme particulièrement simple : Dans le sens des lignes de force, on observe des vibrations circulaires, dont Cornu rattache le sens à celui du courant qui circulerait dans les solénoïdes d'Ampère équivalents aux lignes de force; dans le sens perpendiculaire, les deux vibrations rectilignes déviées, à droite et à gauche, peuvent être considérées comme les vibrations circu-

[1] Cornu, pour simplifier le calcul, admet ici qu'il s'agit de la moyenne arithmétique, bien qu'il ait eu soin de faire remarquer que l'expérience ne peut rien préciser. On sait que la théorie établit une relation entre les carrés des vitesses.

laires précédentes vues de *tranche*. Malheureusement, de nouveaux perfectionnements apportés à la méthode d'observation révélèrent une complication inattendue du phénomène; dans l'observation normalement aux lignes de force, la composante parallèle à ces lignes se montra elle-même dédoublée, transformant ainsi le triplet reconnu d'abord en un quadruplet, ce qui détruisait la belle simplicité de la première interprétation cinématique. Par contre, une propriété du plus haut intérêt apparaissait : toutes les raies d'une même source (D_1 et D_2 par exemple) ne subissent pas les mêmes modifications, révélant ici, par un phénomène mesurable, la différence de nature qu'avait décelée depuis longtemps leur inégale facilité de renversement spontané. « N'est-on pas en droit de penser, ajoutait Cornu, que l'action du champ magnétique atteint une particularité des plus intimes du mécanisme de la genèse des radiations? » Mais, si passionnant que fut le problème, Cornu ajourna la publication de nouveaux résultats, dont il ne se croyait pas assez sûr.

V. — Spectroscopie.

Cornu a découvert que le renversement des raies, réalisé pour la raie D par Fizeau, est un phénomène très général; mais, en même temps, il constatait que les diverses raies d'un même métal peuvent se comporter, à ce point de vue, de façons très différentes. Ses expériences, qui éclaircissaient le rôle de la photosphère solaire, apportaient, en outre, un premier élément à la solution d'une question qui a fait tant de progrès depuis quinze ans, celle de la classification des raies spectrales. Cornu s'est occupé longtemps de ce problème. Il a pu le traiter utilement lorsqu'il fut arrivé à obtenir des tubes de Geissler remplis d'un hydrogène assez pur pour que les raies observées dans le spectre des étoiles blanches s'y retrouvassent exclusivement et que l'identification, rendue probable par des travaux antérieurs, fut absolument hors de doute. Alors se révéla ce fait, étrange à cette époque, que des corps aussi différents que le thallium et l'aluminium présentent des séries de raies spontanément renversables dont la loi de distribution est absolument la même que celle de la série de l'hydrogène. Cornu concluait qu'une même fonction, qu'il proposait d'appeler *fonction hydrogénique*, représente la répartition des raies spontanément renversables dans le spectre des métaux. Depuis cette époque, la découverte (ou mieux l'expansion) de la formule de Balmer et les travaux de Rydberg, de Kayser et de Runge ont étendu beaucoup cette notion. L'hydrogène est dépossédé de sa prééminence et nous savons que les spectres d'un grand nombre de métaux et de gaz présentent des séries toutes semblables. Par contre, c'est surtout l'inverse de la longueur d'onde [1] qu'on a cherché et souvent réussi à exprimer par une formule simple; M. Kayser, dans son magistral *Handbuch der Spektroscopie*, a même critiqué assez vivement la loi linéaire que Cornu avait proposée pour représenter les relations entre les séries de l'aluminium et du thallium et celle de l'hydrogène; mais son jugement paraîtra sans doute bien sévère tant qu'on n'aura pas démontré que les raies qu'il considère sont bien les mêmes qu'observait Cornu.

L'étude de l'influence qu'exerce l'atmosphère terrestre sur le spectre solaire est une de celles qui ont le plus longtemps occupé Cornu. Ses travaux ont surtout porté sur deux questions : l'absorption du spectre ultra-violet du Soleil et la détermination des raies telluriques.

Pour l'étude des radiations ultra-violettes, il avait fait construire un spectroscope spécial dont l'objectif était composé d'une lentille biconvexe de quartz et d'une lentille divergente plan-concave de spath, combinaison qui donne un achromatisme presque parfait. Les prismes étaient en quartz, avec leurs plans bissecteurs perpendiculaires à l'axe optique et de rotations contraires, pour compenser la biréfringence circulaire. Il a employé également des objectifs simples de quartz avec un prisme de spath. La limite la plus éloignée qu'il ait pu atteindre, à Courtenay ou à Paris, est $\lambda = 293$. L'influence de l'épaisseur de la couche traversée par le Soleil paraissait assez faible pour que la limite ne dût varier que d'une unité environ pour un accroissement d'altitude de 660 mètres. Des mesures directes exécutées simultanément à Viège (alt. 657^m) et au Riffelberg (alt. 2.570^m) donnèrent 868 mètres. Il était établi également, et confirmé par des expériences de laboratoire, que la vapeur d'eau n'est pas l'élément principal de l'absorption. Les clichés obtenus, à Ténériffe, par le docteur Simony permettaient de tirer des conclusions identiques; depuis, l'expérience souhaitée par Cornu a pu être faite au Mont Blanc par M. Sagnac et a confirmé que le spectre ultra-violet du Soleil ne s'étend pas sensiblement, même à des altitudes aussi élevées.

Cornu a donné une représentation du spectre ultra-violet dans le même format et à la même échelle que les planches du *spectre normal du Soleil* d'Angström, jusqu'à la raie U ($\lambda = 294,8$), limite un peu plus éloignée que celle que M. Mascart avait atteinte. A l'occasion de ces recherches,

[1] Cornu lui-même a introduit une fois cette quantité; il a remarqué l'existence d'une différence constante entre les inverses des longueurs d'onde des raies homologues des groupes telluriques A, B et α (voir plus loin).

il mesura les longueurs des raies 30, 31, 32 de l'aluminium (185,22 pour la plus courte). On sait que M. Schumann, pour aller plus loin, a dû opérer avec un spectroscope à l'intérieur duquel il avait fait le vide.

De ces études minutieuses, Cornu tira des conséquences d'un tout autre ordre, relatives au Soleil lui-même : la position et l'éclat relatif des raies sombres du spectre solaire s'expliquent par l'action d'une couche absorbante existant sur le Soleil, couche dont la composition serait analogue à celle d'aérolithes volatilisés (fer, un dixième de nickel, silicates magnésiens). Quelques conclusions plus hardies font entrevoir la possibilité d'une action magnétique directe du Soleil sur la Terre et rendent probables l'existence de l'aimant terrestre et l'origine électrique de la lumière émise par les protubérances solaires.

Cornu avait, d'ailleurs, soin de faire lui-même toutes les réserves nécessaires quand il lui arrivait de s'aventurer ainsi en dehors du solide terrain expérimental; c'est ce qu'il faisait encore, témoignant ainsi d'une prudence peut-être exagérée, en constatant l'identité qui paraissait exister entre le spectre de l'étoile nouvelle de la constellation du Cygne et celui de la chromosphère du Soleil.

L'étude des radiations visibles peut servir également à évaluer les pouvoirs absorbants de l'atmosphère. Cornu s'est adressé au groupe de raies telluriques voisines des raies D et, par comparaison entre les intensités variables de ces raies (reportées préalablement sur un dessin du spectre à une échelle quadruple de celle d'Angström) et les intensités fixes de raies solaires voisines, il confirma l'opinion, admise par plusieurs physiciens, que la vapeur d'eau est le principal absorbant qui leur donne naissance. Le Mémoire complet a paru dans le *Journal de l'École Polytechnique* en 1883. Une conclusion inattendue de ce travail, c'est qu'après avoir admis comme une approximation suffisante la constance de l'intensité des raies solaires, on pourrait peut-être, en observant suffisamment les raies telluriques, étudier la variation *séculaire* des raies solaires, de même qu'après avoir rapporté les positions des planètes aux étoiles, on a pu établir les mouvements propres de celles-ci.

Cornu touchait ici à l'une de ses découvertes les plus brillantes; après la région voisine de D, il s'attaqua au groupe α, ce groupe que Piazzi Smith, qui en avait dessiné avec grand soin tous les détails, traitait de mystérieux. Abandonnant la méthode de comparaison précédente, il inventait le procédé du balancement des raies, inspiré d'une expérience de Thollon, dans lequel les deux bords opposés de l'équateur solaire viennent successivement sur la fente du spectroscope. Cette méthode, disait Cornu, permet d'interroger individuellement chaque raie: par sa fixité, elle répond qu'elle est d'origine solaire; par son balancement, qu'elle est tellurique. Dans le groupe α, Cornu distingua immédiatement, par ce procédé, une série de doubles raies présentant une similitude parfaite avec les groupes A et B étudiés par Langley; les inverses des longueurs d'onde des raies homologues sont à peu près en progression arithmétique (*Journal de l'École Polytechnique*, 1886). Ces raies sont dues à l'atmosphère sèche; quelques autres doivent être attribuées à la vapeur d'eau. Enfin, en 1889, des observations minutieuses (dont le détail se trouve dans le *Journal de l'École Polytechnique*) confirmèrent l'existence, signalée par M. Janssen, des raies telluriques dans le spectre d'un faisceau lumineux émis par le projecteur de la Tour Eiffel.

Il ne faut pas oublier que la méthode ne fournit de résultats certains que si l'on corrige complètement l'astigmatisme des images et que ce qui est à admirer, c'est peut-être moins l'idée de remplacer par un balancement continu la substitution discontinue de Thollon, que la perfection du réglage et la minutie de la discussion géométrique qui ont permis d'atteindre le but.

VI. — Instruments d'optique. Photographie. Photométrie.

Une grande partie des recherches de Cornu relatives à ces questions a trait aux instruments et aux observations astronomiques.

L'emploi des collimateurs horizontaux a l'avantage d'éviter l'observation du nadir par réflexion *normale* sur un bain de mercure, mais il suppose invariable la position des différentes pièces. Cornu propose de vérifier cette invariabilité en inclinant légèrement sur l'horizon l'axe optique du collimateur et en disposant un bain de mercure, fonctionnant cette fois-ci sous l'incidence *rasante*, c'est-à-dire dans des conditions telles que les mouvements de la surface influent extrêmement peu sur la fixité de l'image, et placé de telle façon qu'on aperçoive simultanément le réticule et son image, dont l'intensité est sensiblement égale à celle de l'objet (1869).

En 1901, Cornu a décrit un système permettant de relier, sans dispositif auxiliaire mobile, les observations du zénith à celles du nadir; l'appareil comprend une lunette horizontale, un bain de mercure et deux miroirs rectangulaires, empiétant l'un sur l'autre d'un cinquième environ de leur largeur et inclinés à 45° sur l'horizon. Dans le cas théoriquement le plus simple, où les miroirs sont parfaitement rectangulaires, l'image mercurielle du réti-

cule de la lunette donne la direction du nadir, mais aussi celle du zénith, ce qui justifie le nom d'appareil zénitho-nadiral. Cornu discute, avec son soin habituel, l'influence des imperfections du réglage et des avantages qui peuvent en résulter. Un modèle de l'appareil a été présenté à l'Association géodésique internationale en 1900 et des mesures de distances zénithales ont été effectuées à l'Observatoire de Paris.

Ce n'est pas sans quelque étonnement que les profanes ont appris que la loi de la rotation du champ autour du point rendu fixe par le sidérostat ou l'héliostat n'avait pas encore été mise par les astronomes sous une forme simple et maniable. Cornu s'est occupé de ce problème à propos de la construction de la grande lunette de l'Exposition de 1900, qu'il a suivie de très près; il s'en était déjà préoccupé depuis le temps où, projetant sur la fente d'un spectroscope l'image du Soleil, il avait observé des particularités inexpliquées dans la rotation de l'image de l'équateur solaire. Cornu résout le problème d'une façon extrèmement simple en faisant la construction qui détermine, en fonction de la position de la normale au miroir, celle de l'image du pôle et en appliquant la formule de Neper au triangle sphérique qui a pour sommets le pôle, l'astre et son image fixe. La discussion de la relation établie révèle des différences curieuses entre le fonctionnement de l'héliostat et celui du sidérostat; on peut noter, en particulier, le cas où le sidérostat peut fonctionner comme célostat.

Cornu avait su tirer parti des circonstances imprévues que présente la rotation du champ de l'héliostat et il conclut : « Ce qui précède suffit à montrer que, même dans les particularités des instruments qui, au premier abord, paraissent des imperfections fâcheuses, on trouve des ressources utilisables pour d'autres genres d'expériences. L'étude approfondie des appareils, dans leurs propriétés géométriques, apporte le plus souvent quelque particularité susceptible de rendre des services inattendus. »

C'est là une idée que Cornu a souvent exprimée et dont il a, maintes fois, par l'exemple, démontré la justesse.

La formule de Cornu exprime la proportionnalité entre les tangentes de la moitié de l'angle dont tourne le champ du sidérostat et de la moitié de l'angle horaire de l'astre central; cette relation est précisément de la même forme que celle qui existe entre les plans de polarisation dans la réflexion et la réfraction vitreuses. Par une singulière coïncidence, Cornu se trouva ramené, au bout de trente-quatre ans, à utiliser de nouveau le joint universel qui lui avait servi jadis à illustrer les formules de Fresnel et qui, cette fois, fournissait le moyen de rendre immobile sur une plaque photographique l'image d'une portion du ciel et cela sans qu'on ait à employer d'autres mouvements que ceux de pivotement, réalisables avec une rigueur presque indéfinie.

En mesurant la vitesse de la lumière, Fizeau avait observé que la diffraction rend visible latéralement le collimateur à réflexion; partant de cette remarque, Cornu réalisa une mire lointaine pour l'Observatoire de Nice en faisant placer à 6 kil. 5, sur le mont Macaron, un collimateur de 6 centimètres d'ouverture. Au mont Gros, où se trouve l'Observatoire, deux éclaireurs de 16 centimètres d'ouverture et de 1 mètre de distance focale sont disposés à $0^{m},35$ de part et d'autre du plan de visée du cercle méridien; au foyer du collimateur se trouve une lame argentée.

On réalise ainsi une mire identique à un petit astre, directement comparable aux objets célestes, sans rien changer aux conditions de l'observation astronomique.

A propos du passage de Vénus, Cornu s'est proposé le problème suivant : transformer l'achromatisme optique d'une lunette en achromatisme photographique; il l'a résolu en écartant un peu les verres, d'une quantité qui, en général, ne dépasse pas 1,5 °/₀ de la distance focale de l'objectif. Tous les photographes connaissent ses recherches sur le halo photographique dû à la réflexion, sur la face postérieure de la plaque, des rayons diffusés par la gélatine et le moyen de le faire disparaître en enduisant cette face d'un vernis noir d'indice égal à celui du verre. Le perfectionnement est particulièrement utile dans les photographies des nébuleuses, où les défauts avaient à peu près le même aspect que l'objet.

Quand j'aurai cité le levier à réflexion, qui permet la comparaison des vis micrométriques aux règles divisées et la méthode de détermination des éléments principaux d'un système optique, il ne me restera plus qu'à rappeler les trois formes de photomètre, dont le microphotomètre est particulièrement intéressant, et des dispositifs, basés sur l'emploi de lames prismatiques, simples ou doubles, placées devant l'objectif ou au foyer des lunettes et permettant de réaliser, sans polariser la lumière, des photomètres biréfringents.

Une des principales applications des études photométriques de Cornu fut l'observation des satellites de Jupiter; il prouva qu'il fallait renoncer à définir l'immersion et l'émersion par la disparition ou l'apparition de l'astre et qu'il était préférable de considérer le moment où l'astre perd la moitié de son éclat normal. Des expériences de laboratoire le démontrèrent à nouveau et M. Obrecht utilisa la nouvelle méthode à l'Observatoire de Paris.

VII. — Optique de l'atmosphère.

Les phénomènes optiques de l'atmosphère ont occupé Cornu pendant toute sa carrière; il ne voyageait jamais sans emporter un petit photopolarimètre de poche, et l'une des principales impressions d'un voyage qu'il fit en Grèce était relative, paraît-il, à la polarisation de la lumière du ciel. Il faisait, d'ailleurs, des observations journalières au moyen d'un appareil constitué par un prisme de Wollaston donnant deux images d'une ouverture rectangulaire et un analyseur permettant de ramener les deux images à l'égalité. Le tout était monté sur un pied azimuthal. Par les vents d'Ouest et de Sud-Ouest, quand il n'y a ni cirrus ni brume, la proportion de lumière polarisée peut atteindre 80 °/₀. Les vents froids du Nord et de l'Est amènent toujours une diminution de la lumière polarisée. Ce qu'il y a de particulièrement intéressant, c'est que les moindres changements dans l'état de l'atmosphère sont décelés par le polarimètre, plusieurs heures avant que le baromètre ou les météores quelconques aient commencé à les signaler (*Association française pour l'avancement des sciences*, 1890).

Plusieurs Notes sont relatives à des observations de couronnes ou de halos; il faut citer aussi le procédé de reproduction du halo par le passage de la lumière au travers d'une cuve contenant des cristaux d'alun précipités de leur dissolution aqueuse par l'alcool. Cette expérience fut réalisée dans une brillante conférence à l'*Association Française* (1899).

A l'Observatoire de Nice, sur le Mont Gros, on observait régulièrement la polarisation atmosphérique; ces observations devaient, dans l'esprit de Cornu, être continuées par d'autres effectuées au Mont Mounier, à 2.800 mètres d'altitude.

VIII. — Elasticité.

La déformation élastique des solides et la valeur du coefficient de Poisson ont été déterminées par Cornu au moyen de l'examen de la surface d'une tige tordue ou fléchie. Deux méthodes permettent cet examen : l'emploi des anneaux, qui donne lieu à une expérience extrêmement simple, et l'observation des focales de retour après réflexion, sur la surface déformée, d'un faisceau parallèle. Les premières recherches montrèrent que le coefficient de Poisson n'est pas toujours rigoureusement égal à $\frac{1}{4}$; mais Cornu considéra que la différence devait être attribuée à l'imperfection de l'isotropie des substances étudiées.

Dans un second Mémoire, publié beaucoup plus tard[1], Cornu discute avec grand soin ces deux méthodes; on doit noter principalement la correction de l'erreur systématique qu'introduit dans la détermination de la partie centrale de chaque frange la dissymétrie que présente nécessairement cette frange. Au carré de chaque diamètre apparent (défini par les milieux deux à deux des quatre bords de l'anneau), il faut ajouter le carré de la largeur apparente (ou distance moyenne des bords contigus) de l'anneau.

Cornu indique également qu'on pourrait éviter toute mesure micrométrique et se borner à l'observation des images focales fournies par le réseau que forment les franges photographiées; mais il insiste seulement sur les difficultés de la méthode, qu'il n'a pas eu le temps de mettre en œuvre comme il le projetait.

La deuxième méthode peut conduire à des résultats aussi précis que la première; si l'on appelle q, q_1..., les distances de la focale de retour au point nodal intérieur de l'objectif, et R, R_1..., les rayons de courbure principaux correspondants de la surface réfléchissante, on a la relation :

$$\frac{1}{q} - \frac{1}{q_1} = 2\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1}\right),$$

qui permet de déduire de la mesure de q, q_1... les variations de courbure qui s'introduisent dans la théorie de l'élasticité. Des expériences exécutées par M. Woulf ont vérifié que les deux méthodes conduisent à la même valeur des courbures et du coefficient σ; enfin, le calculm ontre qu'en admettant $\frac{1}{20}$ pour la précision relative de la détermination de la largeur d'un anneau et $\frac{1}{20}$ de millimètre pour l'erreur maxima de la mise au point d'une focale, la flèche de la partie utile de la surface courbe est mesurée, dans un cas, à 0,01 μ près, dans l'autre à 0,02 μ près, c'est-à-dire à un degré d'approximation exactement du même ordre dans les deux dispositifs.

IX. — Acoustique.

Les expériences que Cornu exécuta en collaboration avec M. Mercadier sur les intervalles musicaux sont suffisamment décrites dans les traités de Physique pour que je me borne à rappeler la conclusion : « Les intervalles musicaux employés dans une *mélodie* lente et sans modulations sensibles sont ceux de la gamme pythagoricienne dérivant de la série des quintes et qui ne contient que deux

[1] *Archives néerlandaises des Sciences physiques et naturelles*, 1901.

intervalles irréductibles : l'octave 2 et la quinte $\frac{3}{2}$. Ce ne sont pas ceux de la gamme dite naturelle, qui contient trois sortes d'intervalles irréductibles : l'octave 2, la quinte $\frac{3}{2}$ et une tierce majeure $\frac{5}{4}$, qui n'est applicable qu'à l'harmonie. » Cette conclusion peut paraître en contradiction avec certains passages de la *Théorie physiologique de la Musique*. Helmholtz, en effet, n'admettait qu'une seule gamme; mais les auteurs français remarquent que toutes les déterminations d'intervalles qu'il avait exécutées l'avaient été au point de vue *harmonique*. La distinction d'un système musical harmonique et d'un système mélodique semble de nature à lever certaines difficultés signalées par Helmholtz lui-même dans la seconde partie de son ouvrage.

L'étude expérimentale des vibrations des cordes révéla à Cornu une complexité qui n'avait jamais été soupçonnée : les vibrations transversales sont toujours accompagnées de vibrations tournantes ayant des périodes bien différentes des premières. D'ailleurs, les vibrations transversales elles-mêmes ne sont pas simples; la corde présente, en général, deux plans de symétrie déterminant l'existence simultanée de vibrations dont les périodes ou les phases sont légèrement différentes.

La méthode d'observation consiste à photographier la trace d'un rayon réfléchi par un petit miroir fixé à la corde; pour repérer les temps, on éclaire à des intervalles égaux; on facilite la lecture de la courbe pointillée en produisant périodiquement un signal plus intense et en donnant une translation lente à la courbe par réflexion sur un miroir auxiliaire. Cette méthode, qui a permis d'enregistrer et d'analyser des courbes de vibration très compliquées, méritait d'être citée en détail parce qu'elle a été appliquée par Cornu à la solution d'un problème qui intéresse au plus haut point la mécanique industrielle, à savoir la détermination des variations périodiques de la vitesse de rotation du volant d'une machine à vapeur ou de l'induit d'une dynamo. L'une des Commissions permanentes de la Société Internationale des Electriciens avait proposé l'étude de cette question et spécialement la détermination du « coefficient d'irrégularité ». Cornu présenta les résultats de ses recherches dans deux communications dont la seconde fut, je crois, la dernière qu'il fit à une société savante en dehors de l'Académie. Ceux qui y ont assisté n'ont, sans doute, pas oublié l'insistance qu'il mit à établir qu'il apportait une méthode vraiment pratique et utilisable, ni la façon péremptoire dont il démontra qu'on faisait le plus grand tort non seulement à la science pure, mais encore à l'industrie en laissant « dans la pauvreté » le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique.

X. — Électricité.

Les travaux de Cornu en Électricité sont peu nombreux. A part une Note sur l'extension des formules de Fourier à la propagation de l'électricité, dans laquelle il conclut que cette extension est illégitime et qu'on ne peut rendre compte des phénomènes présentés par les transmissions télégraphiques qu'en ajoutant à l'équation fondamentale des termes qui changent complètement la nature de l'intégrale, je ne trouve guère que le Rapport sur les célèbres expériences que fit M. Marcel Deprez entre Creil et Paris sur la transmission électrique de la force à distance. Par contre, cinq des Notices que Cornu écrivit pour l'Annuaire du Bureau des Longitudes sont consacrées à l'exposition de questions très variées d'Électricité, depuis les unités jusqu'aux courants polyphasés.

Vu l'analogie des méthodes employées, c'est à propos de l'Acoustique qu'ont été rapportés les derniers travaux relatifs à l'irrégularité de la rotation des machines.

XI. — Synchronisation. Chronométrie.

Les recherches de Cornu sur la *synchronisation* l'ont conduit à des résultats qui sont, paraît-il, ceux auxquels il attachait le plus de prix, parmi tant de beaux travaux. On s'explique aisément cette prédilection pour la solution d'un problème simple dans son énoncé, basée sur la discussion minutieuse d'une équation qui permet d'étudier la question dans ses détails les plus infimes; le dispositif qui permet, comme le disait Cornu avec une légitime fierté, de réaliser la distribution de l'heure avec une précision voisine du centième de seconde, est d'une idéale simplicité, et j'imagine qu'il devait charmer surtout les yeux de son auteur par la correspondance de chacune de ses pièces, indépendantes les unes des autres, avec les quantités considérées par l'analyse. Rien ne peint mieux la tendance générale de l'esprit de Cornu et son idéal de la solution d'un problème physique que cet alignement de la bobine synchronisante, de la lentille du pendule et de la bobine d'amortissement, rangées comme les termes de l'équation fondamentale. Il est curieux qu'on ait cru souvent devoir rappeler que tout ce qu'a écrit Cornu sur ce sujet n'était pas entièrement nouveau, plutôt que d'apprécier l'originalité avec laquelle il l'a traité. On a eu certainement raison de dire, pour le cas où quelqu'un aurait pu l'oublier, que la théorie

des vibrations forcées dépendant d'un paramètre avait déjà été développée par divers auteurs; on aurait même pu ajouter, en le regrettant, que les méthodes de discussion de Cornu, quelle que soit l'élégance des démonstrations géométriques, ne réalisent pas toujours un progrès sur celles qu'on avait employées avant lui et que des inexactitudes, heureusement sans aucune importance, les ont quelquefois déparées[1]; mais, ces réserves faites, n'y avait-il pas lieu d'insister sur la façon dont Cornu donne la vie aux remarques qu'il n'a pas inventées le premier. On pourrait déjà trouver, dans la théorie des marées de Laplace, la preuve qu'un mouvement amorti finit, sous l'action d'une force périodique extérieure, par prendre la même période, mais n'est-ce rien que de retourner cette proposition et de poser en principe que, si l'on veut imposer à un système une période donnée, il est avant tout indispensable d'y créer un amortissement et que, si l'on veut régler la durée du régime variable, il faut être maître de faire varier cet amortissement?

Je ne crois pas qu'on puisse contester la nouveauté complète de l'étude du régime variable, rendue très claire grâce à la notion d'*indicatrice de synchronisation*. Cette courbe est tracée dans un plan où l'on prend pour coordonnées l'élongation et la vitesse mesurées en unités convenables; la tangente de l'angle des axes est inversement proportionnelle au décrément logarithmique des oscillations libres, ce qui rend cet angle toujours pratiquement égal à un droit. La courbe figurative du mouvement non synchronisé est une spirale logarithmique. Produisons des percussions périodiques : l'effet de chacune d'elles est de faire varier brusquement la vitesse, c'est-à-dire l'ordonnée, sans modifier l'abscisse, qui mesure l'élongation; après cette perturbation, le point représentatif décrit un nouvel arc de spirale, interrompu à son tour, et ainsi de suite. Si la période de la percussion est suffisamment voisine de celle du système non synchronisé, tous les points figuratifs de l'origine (ou de la fin) de la percussion dessinent une courbe; c'est cette courbe que Cornu appelle indicatrice de synchronisation. Il établit que, dans le cas d'une oscillation faiblement amortie, de période T, modifiée par une percussion périodique très petite, dont la période Θ, est peu différente de T, l'indicatrice de synchronisation est une spirale logarithmique. A mesure qu'on approche du point asymptotique de cette nouvelle spirale, on tend vers le régime stable. Le théorème s'étend d'ailleurs immédiatement au cas où la perturbation est une force périodique quelconque très petite.

Cornu enregistre l'indicatrice de synchronisation d'un pendule par la composition optique de deux mouvements, dont l'un est celui du pendule lui-même, et l'autre celui du cadre d'un galvanomètre dans lequel un courant est induit par le premier mouvement, dans des conditions telles que son intensité soit sensiblement proportionnelle à la vitesse du pendule. La courbe se trace par points, dont chacun est donné par une étincelle périodique, ayant pour période celle du courant qui met le pendule en mouvement. Le paramètre de la spirale logarithmique ne dépend que de l'amortissement et des périodes; on obtient exactement la même forme de courbe quand la force synchronisante est nulle, c'est-à-dire quand les oscillations du pendule s'amortissent librement.

L'importance de ce résultat justifiera peut-être l'indication d'une démonstration analytique très simple, qui présente l'avantage d'être affranchie de toute restriction relative à la petitesse de l'amortissement et de la différence des périodes.

L'élongation du mouvement amorti synchronisé étant donnée par la formule :

$$\theta = Ae^{-\alpha t} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \varphi\right) + B \sin 2\pi\left(\frac{t}{\Theta} - \psi\right),$$

supposons ce mouvement figuré par une courbe et cherchons à déterminer une seconde courbe contenant les points de la première qui correspondent à des instants t_0, $t_0 + \Theta$, $t_0 + 2\Theta$,..... Pour tous ces instants, le second terme de l'expression de θ a la même valeur et il en est de même du cosinus correspondant dans l'expression de $\frac{d\theta}{dt}$. Les points considérés se trouvent donc d'abord sur une courbe identique de forme à celle qui représenterait le mouvement dont l'équation est :

$$\theta = Ae^{-\alpha t} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \varphi\right) + \theta_0.$$

[1] Ce n'est qu'à cause du grand intérêt que présentent les résultats obtenus par Cornu que je crois nécessaire de signaler ces inexactitudes; j'espère ainsi éviter à ceux qui approfondiront l'étude de ces travaux d'être arrêtés quelquefois par des difficultés apparentes. Qu'il me suffise d'indiquer ici que la discussion générale me paraît gagner en simplicité quand on introduit, à l'exemple de Lord Rayleigh (*Theory of Sound*, chapitre III), comme variable indépendante, la période d'oscillation du système non amorti et non la période du système amorti. Il ne semble pas non plus que Cornu ait donné explicitement la théorie du cas, si important dans la pratique, où la période synchronisante est approximativement égale, non à la période synchronisée, mais à un de ses multiples. Dans la Note *sur un théorème reliant la théorie de la synchronisation et celle des résonances* du 12 février 1894, où l'on s'attendrait à trouver ce cas traité, il faut remarquer, outre cette omission, que la formule (9) donnerait, pour l'amplitude de l'oscillation synchronisée, une valeur infinie.

En représentant les fonctions sinusoïdales du temps par des vecteurs, on réduit toute la discussion du régime permanent à la considération d'un triangle rectangle, dont l'hypoténuse est l'amplitude de la force synchronisante.

Cette courbe est elle-même une spirale logarithmique dont les équations sont :

$$\rho = Pe^{-\alpha t} \qquad \omega = \frac{2\pi t}{T} + C.$$

Passons d'un des points de la série considérée au point suivant; ρ varie de $e^{-\alpha\Theta}$, ω varie de $\frac{2\pi\Theta}{T}$; mais le plus petit angle que fassent les rayons vecteurs des deux points, si Θ est plus près de T que de 0 ou de 2T, est : $2\pi\frac{\Theta - T}{T}$. Ces points sont donc sur la spirale logarithmique :

$$\rho = Pe^{-\alpha t}, \qquad \omega = 2\pi\frac{\Theta - T}{\Theta T}t + C,$$

qui est l'indicatrice de synchronisation.

L'indicatrice de synchronisation figure le régime variable, de la même façon que la courbe du gnomon représente le mouvement du Soleil; pendant une durée qui ne dépasse pas une période (ou un jour sidéral), on peut admettre que l'oscillation se fait sans amortissement (ou que le Soleil décrit exactement un parallèle). Les oscillations de la phase et de l'amplitude se lisent sur l'indicatrice de synchronisation, comme les variations de l'écart entre le midi vrai et le midi moyen et le déplacement du Soleil dans le ciel se lisent sur le gnomon. On voit aisément que le réglage devient *apériodique*, c'est-à-dire que le mouvement se rapproche sans cesse du régime stable, si la période synchronisante est égale à la période à synchroniser. Ceci pourrait faire croire qu'il est absolument impossible de réaliser l'apériodicité; il n'en est rien, car quoi de plus facile que de faire varier légèrement la période d'un pendule en fixant, au milieu de la tige, une coupe dans laquelle l'on pourra, sans arrêter le mouvement, ajouter ou enlever des poids?

En définitive, le pendule synchronisé de Cornu, tel qu'il a été établi en particulier à l'Observatoire de Nice, comporte un barreau aimanté, placé transversalement au voisinage de la lentille du pendule et affectant la forme d'un arc de cercle qui a pour centre le point de suspension. Une des extrémités se déplace à l'intérieur de la bobine parcourue par le courant synchronisant et l'autre pénètre dans une seconde bobine fermée sur une résistance, dans laquelle sont induits des courants qui déterminent l'amortissement. On suit, au moyen d'un téléphone, l'époque de l'établissement et de la rupture du courant synchronisant; une petite coupe fixée sur la tige du pendule peut recevoir des poids destinés à faire varier le moment d'inertie ; on doit ajouter des poids quand le milieu de la durée du courant précède le passage du pendule par la position verticale et en retirer dans le cas contraire. Quand on arrive à faire coïncider les deux époques, le réglage est apériodique et les variations accidentelles de l'intensité de la force synchronisante sont sans influence. Un détracteur acharné pourrait observer ici qu'on retombe simplement sur un théorème bien connu; mais il faut convenir que le commentaire qu'en fait Cornu et l'application qu'il en tire équivalent bien à une découverte.

Pour préciser entièrement ce qu'il y a de nouveau dans ce travail, il faut rappeler qu'une étude complémentaire a vérifié que les conclusions déduites d'une équation qui ne s'appliquerait en toute rigueur qu'à un pendule oscillant librement subsistent dans le cas pratique d'un mouvement entretenu par un rouage moteur et que le réglage si parfait qu'on vient de décrire et qui s'emploiera chaque fois qu'on pourra modifier à son gré la période du pendule n'est pas indispensable. Le système de synchronisation de Cornu fonctionne sur un pendule quelconque et il a permis de synchroniser des horloges dont la marche diurne atteignait jusqu'à six minutes, au lieu des quelques secondes qu'il était autrefois possible de compenser.

La chronométrie n'a pas cessé d'occuper Cornu pendant de longues années ; des observations journalières lui ont permis d'accumuler des documents dont il est vivement désirable qu'on tire parti. Il a fait connaître les résultats qu'il avait obtenus à l'Observatoire de Nice. Montrant une fois de plus comment il savait se défier de la perfection apparente que présentent certains mécanismes, admirablement calculés peut-être, mais qui ne donnent plus ce qu'on attend d'eux dès que le jeu inévitable d'une vis a cessé de maintenir rigoureusement en contact des pièces que l'analyse considérait comme invariablement reliées, il a constitué son horloge directrice « par des pièces qui pourraient être prises les unes dans l'atelier d'un serrurier, les autres dans le magasin d'une fabrique d'horlogerie commune : toute la précision est due à l'emploi d'un pendule invariable ayant un grand moment d'inertie et exécutant des oscillations de très faible amplitude avec le minimum de résistance de la part du milieu ambiant ».

Dans un de ses Rapports sur l'Observatoire de Nice, Cornu indique qu'il est arrivé à découvrir une formule de correction, relative à la température et à la pression, qui ne laisse subsister qu'une erreur inférieure à 0,05 seconde, bien que la température de la salle où est installée l'horloge subisse des variations de 12° à 13° entre l'été et l'hiver. Il est à noter que la nécessité d'introduire un terme proportionnel à la vitesse de variation de la température avait été reconnue au bout de sept ans d'observations. L'emploi des systèmes ordinaires de compensation ne dispenserait pas d'appliquer des corrections; le mercure ne prend pas avec une exactitude suffisante la température moyenne de la tige du balan-

cier; dans le gril fer-laiton, le jeu imparfait des diverses pièces cause de petites variations brusques; par suite, la compensation est toujours incomplète. Quand la température croît, le pendule est toujours trop court; il est trop long lorsque la température s'abaissse; de là une loi d'erreur systématique qu'on peut appeler *cyclique* et qui se présentera dans tous les chronomètres.

Une autre cause d'erreur, qui pourrait être sensible sur les chronomètres observés à la mer, est l'influence du magnétisme terrestre; en étudiant la marche d'une montre, aimantée par accident et qui, contrairement à l'opinion commune, a pu fonctionner régulièrement, lorsqu'elle a été placée sur un support stable, Cornu a constaté et mesuré l'effet du champ terrestre. La conclusion de ce travail est que la marche varie avec l'azimuth et qu'on pourrait éliminer l'effet en réglant l'amplitude totale à 440°, suivant la règle de Philipps.

XII. — Travaux divers en collaboration.

. On trouvera peut-être que je traite bien légèrement des travaux aussi importants que la mesure de la densité de la Terre et la détermination du mètre international en les classant ensemble sous une rubrique imprécise. La cause en est que ces travaux rentrent dans la classe de ceux, signalés plusieurs fois, dont il faudrait faire l'étude approfondie en lisant les Mémoires. Je ne sache pas qu'un exposé détaillé ait été donné des recherches de Cornu et de M. Baille sur la densité de la Terre. D'ailleurs, cette question délicate n'avait pas cessé d'occuper Cornu, et M. Oudemans a demandé à l'Académie des Sciences de faire en sorte que le trésor des observations qu'il avait amassées pendant de longues années ne fût pas perdu. Jusqu'à cette publication, nous devrons nous contenter de la lecture de quelques Notes, qui révèlent cependant le soin qu'ont mis les deux savants à étudier toutes les causes de perturbation. En particulier, on sait qu'ils ont mis en évidence la nécessité de considérer un terme proportionnel au carré de l'écart dans l'observation des oscillations du levier horizontal et qu'ils ont montré en même temps comment on devait, dans ces conditions, calculer la position d'équilibre, laquelle est symétrique d'une position moyenne par rapport à la position moyenne dans l'oscillation précédente. Cette étude mit en évidence une cause d'erreur dans les expériences de Baily. Sur ces mesures de la densité de la Terre se sont greffées des déterminations précises du magnétisme terrestre.

Nous savons aussi que Cornu et M. Baille ont observé une variation périodique annuelle, comme si l'attraction newtonienne était plus forte au printemps qu'en automne; cette anomalie avait sa cause dans la variation de la température de la salle d'observation. Cornu en a conclu que des causes d'erreur analogues pouvaient se présenter dans toutes les expériences de haute précision; à la conférence de l'Association géodésique internationale de 1892, il attirait l'attention des astronomes qui s'efforcent de déterminer des variations aussi faibles que celles de la latitude, variations dont l'amplitude atteint environ $\pm\ 0'',25$, sur la difficulté extraordinaire qu'il y a à rien affirmer dans un pareil ordre de petitesse. Il rappelait diverses précautions, conseillées par Fizeau pour éviter les inégalités de température : protection des cercles et des niveaux par d'épaisses enveloppes de cuivre rouge, ventilation de l'intérieur des lunettes. Il est certain que sa discussion, qui prend presque le ton d'un réquisitoire, est bien faite pour rendre sceptiques les physiciens; mais il ne faut pas oublier que l'Astronomie s'est souvent trouvée bien d'avoir osé prendre les moyennes de nombres très peu concordants et que le nombre immense des observations a, plus d'une fois, compensé leur incertitude.

L'œuvre métrologique de Cornu a été importante et l'on en trouvera l'exposé dans le Rapport sur la détermination de l'Étalon provisoire international, inséré au t. X des *Travaux du Bureau International des Poids et Mesures*. Dans les recherches qu'il exécuta en commun avec M. R. Benoit, on cite surtout le procédé qu'il employa pour pointer avec certitude les pointes fines dont on forme l'image par réflexion sur les faces terminales des mètres à bouts et qui consiste à déplacer un écran devant l'objectif du microscope jusqu'à ce que ce mouvement cesse d'influer sur la position de l'image.

J'ajouterai ici que Cornu remplaça Bertrand comme président du Bureau national des Poids et Mesures et qu'il eut à s'occuper, à ce titre, de la question des étalons nationaux de longueur et de masse, qui ne sont plus le mètre et le kilogramme consacrés par la loi du 19 frimaire an VIII, mais des copies, spécifiées dans la loi du 28 juillet 1903, des étalons internationaux sanctionnés par la Conférence générale des Poids et Mesures de 1889.

XIII. — Conclusion

On a vu suffisamment que ce qui caractérise les travaux de Cornu, c'est leur élégante simplicité. Comme les beaux vers se fixent d'eux-mêmes dans la mémoire parce qu'ils disent quelque chose et le disent avec précision, ainsi la description des dispositifs qu'il a employés s'est gravée facilement dans la mémoire des physiciens, parce qu'ils étaient la réalisation d'une idée parfaitement nette et une

réalisation qui n'était que l'idée elle-même devenue visible. Une pareille simplicité ne rendait pas ses méthodes moins ingénieuses et l'on sentait assez que la réduction des appareils à une simplicité presque schématique n'était possible qu'à un expérimentateur de la plus haute habileté.

Cette habileté ne suffit pas, si elle n'est pas au service d'une volonté tenace, qui n'est satisfaite que lorsque toutes les difficultés sont écartées, et d'une lucidité d'esprit qui ne peut souffrir la moindre obscurité. Le génie de Cornu fut fait, pour une bonne part, d'une longue patience ; il eut la persévérance d'amasser les observations d'où devaient se dégager les lois précises, et la constance de penser toujours à certains problèmes qu'il voulait voir résolus simplement. Dans la partie de sa carrière scientifique qu'il m'a été donné de connaître, deux de ses découvertes théoriques m'ont particulièrement frappé : celle de la loi de rotation du champ autour du point rendu fixe par un héliostat, et celle de la signification de la quatrième solution que fournit la méthode de réflexion totale, en même temps que les trois indices principaux. Un cerveau moins puissant eût peut-être suffi à résoudre ces deux questions, mais Cornu n'eut pas été lui-même s'il avait pu souffrir qu'elles restassent sans réponse et s'arrêter avant d'avoir trouvé la réponse la plus simple.

Cette passion de la netteté, cet amour du fini, ne disposaient guère Cornu à partager l'engouement qu'inspire souvent la jeunesse des théories. Il ne reconnaissait le droit de cité qu'à celles qui lui paraissaient inattaquables. Aussi les explications dynamiques lui ont-elles généralement semblé peu séduisantes dès que leur rigueur n'était pas parfaite, et il n'a pas caché qu'il préférait s'en tenir aux représentations cinématiques. C'est ainsi qu'on l'a entendu rapprocher des mécanismes compliqués dont Biot avait jadis cherché à étayer la théorie de l'émission les conceptions moléculaires modernes destinées à expliquer le phénomène de Zeeman. « La Science, disait-il à ce propos, ce n'est pas ce qui est nouveau ; la Science, c'est ce qui est clair. »

C. Raveau,
Physicien au Laboratoire d'Essais
du Conservatoire des Arts et Métiers.

LES COMBINAISONS ORGANOMAGNÉSIENNES MIXTES
ET LA SYNTHÈSE ORGANIQUE

Au moment où la Chimie organique allait se lancer résolument dans la voie synthétique, la découverte, par Frankland (1849), des composés organozinciques vint doter la science d'un merveilleux instrument de synthèse, dont l'importance est allée sans cesse grandissant, pendant la seconde moitié du siècle dernier, grâce aux belles méthodes qu'il a permis de réaliser. Il me suffira, pour en témoigner, de rappeler les noms célèbres qui y sont restés attachés : Würtz, Frankland et Duppa, Freund, Boutlerow, Wagner, Saytzeff, Reformatsky.

Quelles que soient, cependant, la simplicité et l'élégance même de ces procédés, il faut reconnaître qu'ils prêtent à de sérieuses critiques. On peut dire, en effet, d'une façon générale, que lorsqu'on évite la préparation préalable des combinaisons organozinciques, comme dans les méthodes de Frankland et Duppa, de Saytzeff, de Reformatsky, les rendements sont médiocres, et souvent même dérisoires[1] ; dans les autres cas, où cette préparation est nécessaire, elle entraîne, comme on sait, une manipulation assez longue, difficile et même dangereuse en raison de la facilité avec laquelle s'enflamment les composés organozinciques. Joignez à celà que la généralisation des méthodes est habituellement très limitée et que certaines de ces réactions exigent, pour être complètes, plusieurs semaines et quelquefois plusieurs mois. Il ne paraîtra donc étonnant à personne que, depuis longtemps, on ait cherché à remplacer les combinaisons zinciques par d'autres composés organométalliques d'une préparation plus commode, d'une manipulation plus aisée et d'aptitudes réactionnelles plus considérables.

L'emploi des combinaisons organiques du sodium et du potassium[1], qu'il fallait d'ailleurs préparer, en général, au départ des composés zinciques, rendit bien quelques services dans des cas particuliers, mais ne permit pas de constituer de nouvelles méthodes générales.

Les remarquables affinités du magnésium ne pouvaient manquer d'attirer l'attention, et les

[1] Exception faite cependant pour les synthèses d'alcools allylés par la méthode de Saytzeff.

[1] Je laisse de côté ici les composés du type éther acétylacétique sodé et les cyanures métalliques, qui présentent un caractère particulier et une importance considérable.

recherches se portèrent de bonne heure de ce côté. Elles ne purent donner des résultats précis que lorsqu'il fut possible d'obtenir le métal dans un état de pureté convenable, et c'est alors que les travaux de Löhr, de Fleck et de Waga montrèrent que les combinaisons organomagnésiennes, au lieu d'être liquides comme celles du zinc, étaient solides, à peu près insolubles dans tous les dissolvants neutres et spontanément inflammables, non seulement dans l'air, mais encore dans le gaz carbonique. Aussi fut-il assez difficile de mettre en évidence leurs aptitudes réactionnelles et les résultats obtenus furent plutôt décourageants.

Elles paraissaient donc destinées à retomber dans l'oubli lorsqu'en 1898 M. Ph. Barbier[1] montra qu'en faisant réagir l'iodure de méthyle sur la méthylhepténone naturelle, $CH^3-C(CH^3)=CH-CH^2-CH^2-CO-CH^3$, en présence du magnésium, on obtenait l'alcool tertiaire correspondant, le diméthylhepténol, par le processus habituel de la méthode de Saytzeff. Il y avait là un fait nouveau : la méthode de Saytzeff ne s'applique pas, en effet, aux cétones en $CO-CH^3$ et, d'autre part, les combinaisons organozinciques provoquent, d'une manière générale, la condensation des cétones; la synthèse précédente était donc impossible par les anciens procédés.

C'est en étudiant, sur les conseils de mon maître, les avantages que pouvait présenter la substitution du magnésium au zinc que je fus amené, dans l'espoir de régulariser les réactions, à essayer de préparer préalablement les composés organomagnésiens, non plus par la méthode de Löhr que l'expérience avait condamnée, mais par une méthode essayée autrefois par Frankland et par Wanklyn pour les combinaisons organozinciques. En chauffant l'iodure alcoolique avec le zinc, en présence d'éther anhydre, ces savants avaient obtenu des composés de la forme $Zn(CH^3)^2+O(C^2H^5)^2$, qui présentaient très sensiblement les mêmes propriétés que le composé non éthéré; malheureusement, la nécessité de chauffer en tube scellé et de distiller la masse solide engendrée par la réaction enlevait à ces nouvelles combinaisons toute valeur pratique.

On pouvait espérer qu'avec le magnésium, plus électropositif que le zinc et d'affinités plus vives, cette réaction se ferait plus facilement et plus complètement. Et c'est, en effet, ce qui eut lieu, car je reconnus que le magnésium, en présence d'éther anhydre, attaquait les éthers halogénés des alcools à la température ordinaire et que cette réaction, qui était totale, donnait naissance à un composé complètement soluble dans l'éther. C'est cette découverte, qui a mis entre les mains des chimistes un nombre important de nouvelles combinaisons organométalliques, que je vais essayer de faire connaître ainsi que leurs principales propriétés[1].

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 110.

I. — Préparation des combinaisons organomagnésiennes.

Voyons d'abord comment se préparent ces combinaisons organomagnésiennes et prenons comme exemple le premier terme, qui s'obtiendra avec l'iodure de méthyle.

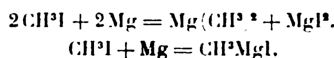
L'appareil se compose simplement d'un ballon fermé par un bouchon percé de deux trous : l'un porte un tube à brome, l'autre un tube coudé auquel on adapte un bon réfrigérant ascendant. On place dans le ballon un atome de magnésium (24 gr.) en tournure; on pèse, d'autre part, une molécule de CH^3I, qu'on étend d'un volume égal d'éther anhydre, et l'on fait tomber 25 à 30 centimètres cubes de ce mélange sur le magnésium. Au bout de quelques minutes, une vive réaction se déclare; on introduit alors rapidement 200 à 250 centimètres cubes d'éther anhydre, puis on entretient la réaction en faisant tomber goutte à goutte, au moyen du tube à brome, le reste du mélange réactionnel. On chauffe légèrement à la fin pour achever la réaction. Dans ces conditions, tout le magnésium disparaît et l'on obtient finalement un liquide parfaitement fluide, à peu près incolore, sans aucun dépôt appréciable.

Ce composé possède tous les caractères d'un organométallique : il est très altérable à l'air humide, il fixe le gaz carbonique, il est décomposé par l'eau avec violence et il réagit sur presque toutes les fonctions de la Chimie organique. Mais il peut être exposé à l'air sec sans s'enflammer et offre ainsi ce premier avantage sur les combinaisons zinciques de pouvoir être manié sans autre danger que celui présenté par l'éther lui-même. Tel qu'il vient d'être préparé, il est prêt à être utilisé; il suffit, en effet, sans rien changer à l'appareil, de faire tomber peu à peu, par le tube à brome, le composé (généralement dissous dans l'éther) que l'on veut faire entrer en réaction avec lui. On complète, s'il y a lieu, la combinaison par chauffage au bain-marie, puis on décompose le produit de l'opération par l'eau glacée. Mais, avant de nous occuper en détail de ces opérations, examinons un peu les réactifs dont nous disposons et étudions en particulier leur constitution, ce qui nous permettra ensuite d'élucider beaucoup plus facilement le problème du processus réactionnel.

[1] Voir *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1901, ou *Ann. de Ch. et Ph.*, 1901, t. XXIV, p. 433.

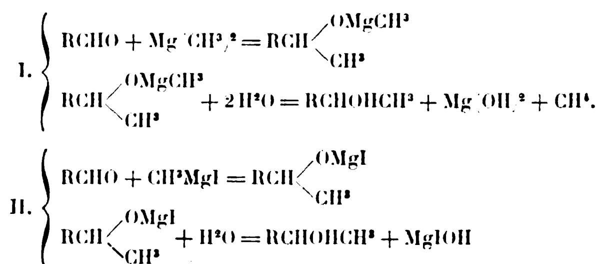
II. — Constitution.

L'action d'une molécule de CH^3I sur un atome de Mg peut se représenter de deux manières différentes :



Laquelle de ces deux formules devons-nous adopter? Avec la première, nous aurions des combinaisons symétriques du même type que les combinaisons zinciques.

Or, nous savons que ces combinaisons, préparées par Löhr, sont solides, très peu solubles dans l'éther et spontanément inflammables à l'air; en outre, il devrait, pendant la préparation, se déposer de l'iodure de magnésium. Ces propriétés sont toutes en désaccord avec celles que nous avons observées et rendent, par suite, la deuxième formule plus vraisemblable. Mais le meilleur argument en faveur de cette dernière est fourni par la façon dont nos composés organomagnésiens réagissent sur les diverses fonctions organiques. Avec une aldéhyde, par exemple, nous aurions, dans les deux hypothèses que nous examinons :



Ainsi, dans le premier cas, la moitié de l'éther halogéné primitif est perdue sous forme de l'hydrocarbure (CH^4) qui se dégage quand on traite par l'eau et, par suite, le rendement en alcool ne peut dépasser 50 °/₀ par rapport à l'éther halogéné employé. Dans le deuxième cas, au contraire, il n'y a pas de dégagement gazeux et le rendement théorique est de 100 °/₀.

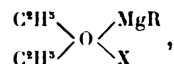
Or, l'expérience montre qu'en faisant réagir une aldéhyde ou une cétone sur un organomagnésien, on obtient une combinaison tantôt soluble dans l'éther, tantôt insoluble et assez souvent cristallisée, qui, traitée par l'eau, fournit, sans dégagement gazeux, l'alcool secondaire ou tertiaire correspondant avec un rendement presque toujours notablement supérieur à 50 °/₀ et qui parfois atteint et dépasse 80 °/₀.

Il est donc hors de doute que les combinaisons organomagnésiennes préparées dans l'éther anhydre doivent être représentées par la formule générale :

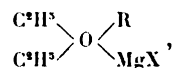


dans laquelle R est le résidu alcoolique et X l'halogène.

Si l'on essaie d'isoler ces composés en distillant l'éther, ils se présentent sous forme de masses solides, grisâtres, poreuses, qui retiennent énergiquement une molécule d'éther, à tel point qu'il faut les chauffer jusqu'à 140-150° environ, dans un bon vide, pour les en débarrasser complètement. Cette molécule d'éther paraît, d'ailleurs, entrer intimement dans leur constitution, car ils la conservent dans toutes les combinaisons qu'ils peuvent contracter. Ces circonstances ont conduit A. Baeyer et V. Villiger[1] à considérer ces composés comme des dérivés de l'oxonium, qui répondraient alors à la formule :



à laquelle je crois devoir préférer la suivante :



qui correspond au mode de scission de ces composés et explique mieux leur résistance à l'action du sodium.

De quelle liberté disposons-nous dans le choix de R et de X? Nous voyons apparaître ici une énorme supériorité des combinaisons magnésiennes sur tous les autres composés organométalliques, quant au nombre des combinaisons possibles.

D'une façon générale, ce sont les éthers bromés et iodés qui se prêtent le mieux à la réaction; mais, dans certains cas, les éthers chlorés sont préférables; c'est ce qui a lieu en particulier pour le chlorure de benzyle et le chlorhydrate de pinène[2]. Quant au choix de R, on pourrait presque dire qu'il n'a guère d'autre limite que le nombre des éthers monohalogénés eux-mêmes, tout au moins en tant qu'il s'agit des éthers monohalogénés saturés, alcooliques ou phénoliques, à fonction simple, gras, aromatiques, polyméthyléniques ou terpéniques.

La présence d'un autre groupement fonctionnel n'est même pas toujours un obstacle à la réaction normale. Ce fait a été établi déjà pour les éthers oxydes des phénols halogénés dans le noyau[3], pour l'α-monobromocamphre[4] et pour l'iodo-1-hexanone-5[5].

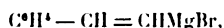
Il y a lieu, cependant, de remarquer que les éthers aliphatiques primaires réagissent mieux que les secondaires et beaucoup mieux surtout que les tertiaires. En outre, le magnésium réagit

[1] *Berichte*, 1902, p. 1202.
[2] J. Houben et L. Kesselkaul : *Berichte*, 1902, p. 2519, 3695.
[3] F. Bodroux : *Comptes rendus*, 1903, t. CXXXVI, p. 377, 617.
[4] S.-M. Malmgren : *Berichte*, 1902, p. 3910.
[5] N. Zelinsky et A. Moser : *Berichte*, 1902, p. 2684.

toujours plus ou moins à la manière du sodium dans la réaction de Wurtz, en donnant naissance au carbure R-R, et cette réaction secondaire, insignifiante pour les premiers termes, augmente d'importance avec la condensation en carbone.

Avec les éthers halogénés éthyléniques, certaines restrictions sont à faire, au moins quand la double liaison se trouve au voisinage de l'atome de carbone halogéné. Ainsi le bromure et l'iodure d'allyle m'ont fourni une combinaison cristallisée, insoluble dans l'éther, qui paraît répondre, dans le cas de l'iodure, à la formule C^3H^5MgI,C^3H^5I et qui ne se prête que très mal aux synthèses. Dans ce cas particulier, tout l'avantage reste au zinc.

Dautre part, Tiffeneau[1] a montré qu'avec l'ω-bromostyrolène le magnésium donne simultanément la combinaison normale :



$$C^6H^5 - CH = CHMgBr,$$

du diphénylbutadiène et, par enlèvement de HBr, du phénylacétylène qui réagit sur le magnésien normal, comme nous le verrons tout à l'heure. Avec l'ω-bromostyrolène α-méthylé :

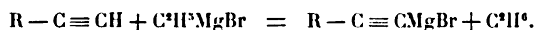


$$C^6H^5 - C(CH^3) = CHBr,$$

l'élimination de HBr n'est plus possible ; on obtient le magnésien normal, mais il y a encore duplication de la molécule par la réaction de Wurtz.

Il serait intéressant d'étudier au même point de vue le bromure de vinyle. Sa combinaison normale pourrait conduire à quelques synthèses intéressantes ; en particulier, par réaction sur la méthylhepténone naturelle, elle fournirait le licaréol avec la formule que lui a attribuée Tiemann et elle permettrait peut-être ainsi d'élucider définitivement la constitution encore controversée de cet alcool terpénique.

Les combinaisons halogénées des hydrocarbures acétyléniques ne paraissent pas avoir été étudiées jusqu'ici ; mais Jotsitch[2] est arrivé d'une manière très élégante aux combinaisons magnésiennes des hydrocarbures acétyléniques monosubstitués en faisant réagir ces hydrocarbures sur une autre combinaison organomagnésienne, sur l'éthylbromure de magnésium, par exemple. On a alors la réaction suivante :



$$R - C \equiv CH + C^2H^5MgBr \quad = \quad R - C \equiv CMgBr + C^2H^6.$$

L'acétylène, présentant deux atomes d'hydrogène actifs, donne naissance à la combinaison double $BrMgC \equiv CMgBr$. C'est la seule combinaison double qui soit connue jusqu'à présent. Nous avons essayé, M. Tissier et moi[3], de réaliser la combinaison saturée correspondante au départ du bromure d'éthylène, mais nous n'avons obtenu que de l'éthylène et du bromure de magnésium. Il n'est pas invraisemblable, cependant, de supposer que les éthers halogénés des glycols pourront donner lieu à une réaction normale lorsque les deux groupements fonctionnels seront suffisamment éloignés l'un de l'autre.

On voit, par ce simple aperçu, que les combinaisons organomagnésiennes présentent une variété considérable. Nous allons étudier maintenant de quelle façon nous pouvons les mettre en œuvre.

III. — Action des combinaisons magnésiennes sur les groupements fonctionnels.

Il résulte des faits actuellement connus que tous les modes de réaction des combinaisons magnésiennes sur les fonctions organiques peuvent se résumer à deux. Dans tous les cas, la molécule RMgX se scinde en deux groupements R et MgX monovalents, et alors de deux choses l'une :

Ou bien l'un de ces deux groupements s'élimine avec un atome monovalent à fonction acide et il y a simplement substitution de l'autre groupement à la place de l'atome éliminé ;

Ou bien les deux fractions du composé magnésien se fixent simultanément sur deux atomes contigus à la faveur de la rupture d'une liaison entre ces deux atomes.

Le premier cas se présente : 1° Avec toutes les fonctions qui contiennent un atome d'H substituable : carbures acétyléniques vrais, eau, alcools et phénols, acides, composés du type acétylacétique, ammoniac, composés aminés primaires et secondaires[1], amides[2]. R s'élimine alors avec H dont MgBr prend la place ; le traitement par l'eau régénère le produit primitif ;

2° Avec les fonctions qui contiennent un atome d'halogène acide ; c'est ce qui a lieu pour les chlorures d'acides ; dans ce cas, l'atome d'halogène s'élimine avec MgBr et est remplacé par R. Il y a lieu de remarquer ici que, pour les chlorures d'acides, la réaction ne s'arrête pas là, car elle se produit presque simultanément sur le groupement CO, mais nous y reviendrons tout à l'heure.

Le second processus réactionnel consiste, comme je l'ai dit, dans la fixation des deux résidus R et MgX sur deux atomes contigus. Lorsque la liaison entre ces deux atomes est multiple, elle est réduite au degré inférieur sans que la chaîne soit rompue ; c'est le cas le plus fréquent ; il se présente en général pour les groupements



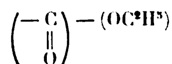
$$(C = O)'', \quad (C = S)'', \quad (C \equiv Az)', \quad (Az = O)' \text{ et } ''', \quad (S = O)''.$$

[1] *Comptes rendus*, 1902, t. CXXXV, p. 1347.
[2] *Ch. Zeit.*, 1902, t. I, p. 356.
[3] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 836.

[1] L. Meunier : *Bull. Soc. Chim.*, 1903, p. 314.
[2] L. Tschugaeff : *Berichte*, 1902, p. 3914. Les amides réagissent vraisemblablement sous leur forme énolique.

Mais les combinaisons magnésiennes ne se fixent pas sur les liaisons éthyléniques ni acétyléniques.

Lorsque, au contraire, les deux atomes qui servent de supports sont réunis par une simple liaison, il y a forcément rupture de la chaîne, qui s'ouvre, si elle était fermée, ou se sépare en deux tronçons, si elle était déjà ouverte. C'est ce qui arrive avec certains anhydrides de glycols, avec les anhydrides d'acides et avec le groupement



des éthers-sels, qui est encore un groupement anhydride.

Dans tous les cas de réaction par addition, le résidu organique R se fixe sur l'atome dont la valence est le plus élevée. La généralité de cette loi achèvera, je pense, de se manifester par l'étude des carbylamines sur lesquelles le résidu organique se soudera sans doute à l'azote pentavalent.

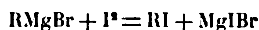
IV. — Applications.

§ 1. — Fonctions simples.

Examinons à présent les principaux résultats obtenus dans l'application des nouveaux composés organométalliques. Avant d'étudier l'action de ces combinaisons sur les différentes fonctions, je signalerai deux propriétés récemment découvertes par Bodroux[1] :

1° Les combinaisons organo-magnésiennes fixent partiellement l'oxygène en donnant ROMgX, que l'action de l'eau transformera en alcool ou en phénol;

2° L'iode introduit dans la solution éthérée d'un organomagnésien donne lieu à la réaction :



$$RMgBr + I^2 = RI + MgIBr$$

qui permet, comme l'on voit, de passer d'un éther chloré ou bromé à l'éther iodé correspondant.

1. *Action de l'eau.* — L'eau réagit de la manière suivante[2] :

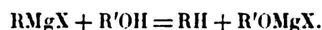


$$RMgX + H^2O = RH + MgXOH.$$

On peut utiliser cette réaction pour la préparation de certains hydrocarbures; elle a été appliquée en particulier par Zelinsky et Alexandroff[3], qui ont transformé l'iodhydrate de pinène en $C^{10}H^{17}MgI$ et celui-ci, par action de l'eau, en deux camphanes isomères.

[1] *Comptes rendus*, 1902, t. CXXXV, p. 1347; 1903, t. CXXXVI, p. 158.
[2] Tissier et Grignard : *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 835.
[3] *Chem. Zeit.*, 1902, t. II, p. 1042.

2. *Action des Alcools et des Phénols.* — Les alcools et les phénols réagissent comme l'eau en mettant en liberté l'hydrocarbure correspondant à l'éther halogéné primitif[1] :

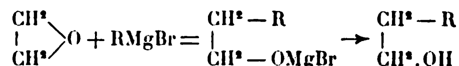


$$RMgX + R'OH = RH + R'OMgX.$$

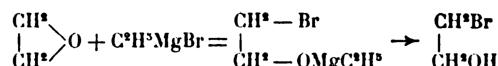
Tschugaeff[2] a proposé d'utiliser cette réaction pour caractériser la présence du groupe hydroxyle. En opérant, en effet, avec CH^3MgI, par exemple, on aura un dégagement de méthane facile à constater.

Le même savant a montré encore qu'on pouvait appliquer la même réaction à la séparation d'un alcool et d'un hydrocarbure dont les points d'ébullition sont peu différents. En faisant tomber le mélange dans C^2H^5MgBr, par exemple, on obtiendra avec l'alcool le composé ROMgBr, cristallisé ou non, tandis que l'hydrocarbure mélangé à l'alcool se dissoudra simplement dans l'éther. En distillant ensuite à la pression ordinaire, puis dans le vide, au bain d'huile, on enlèvera complètement cette solution et il ne restera dans le ballon que ROMgBr, d'où l'action de l'eau régénèrera l'alcool ROH.

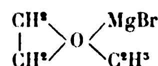
3. *Oxydes d'éthylènes.* — Les combinaisons organomagnésiennes réagissent sur les anhydrides de certains glycols avec ouverture de la chaîne[3] :



Dans le cas de l'oxyde d'éthylène, M. Blaise a indiqué que le produit principal de la réaction était la monobromhydrine du glycol, qui s'était formée d'après le processus suivant :



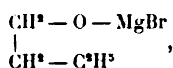
Ce mode de scission des combinaisons magnésiennes constituant une exception absolument unique, je me suis demandé s'il n'existait pas une autre interprétation de ce résultat ; les expériences auxquelles je me suis livré et qui seront prochainement publiées m'ont conduit à l'explication suivante : L'oxyde d'éthylène, en sa qualité d'éther oxyde et en raison de ses affinités spéciales, est susceptible de se substituer à l'oxyde d'éthyle dans la combinaison magnésienne pour donner



A froid, la réaction s'arrête à peu près à cette phase, si bien qu'en traitant par l'eau on régénère l'oxyde

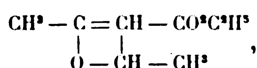
[1] Tissier et Grignard : *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 835.
[2] *Berichte*, 1902, p. 3912.
[3] Blaise : *C. R.*, 1902, t. CXXXIV, p. 551. — Jotsitch : *Soc. Ch. R.*, 1902, t. XXIV, p. 96.

d'éthylène, qui réagit sur le bromure de magnésium, formé par destruction de C^2H^5MgBr, en donnant, comme l'a montré Wurtz, de la magnésie et de la monobromhydrine du glycol. Mais si l'on chauffe convenablement, on réalise la deuxième phase de la réaction qui donne :

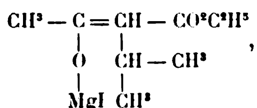


puis, par action de l'eau, de l'alcool butylique. J'ai pu, en effet, obtenir dans ces conditions l'alcool butylique avec un rendement de 82 °/₀ sans aucune trace de bromhydrine.

La réaction ne paraît avoir été essayée jusqu'à présent que sur des anhydrides de glycols-α. Cependant, en étudiant l'action de CH^3MgI sur l'éther éthylidène-acétacétique [1], j'ai été conduit à adopter pour ce corps la formule de Claisen :

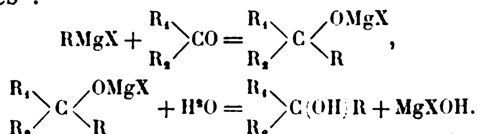


qui en fait un anhydride de glycol-β, sur lequel CH^3MgI réagit encore de la même manière en donnant :



qui conduit, par action de l'eau, puis saponification, à la méthylisobutylcétone.

4. *Aldéhydes et Cétones.* — Avec les aldéhydes ou les cétones nous aurons les réactions suivantes :



L'aldéhyde formique, ou plutôt son polymère commercial, fournit ainsi des alcools primaires [2], les autres aldéhydes des alcools secondaires, et les cétones des alcools tertiaires. La méthode donne, dans la plupart des cas, d'excellents rendements, et elle est très générale. Je l'ai appliquée, en effet, dans la série grasse, la série aromatique, la série terpénique et celle du furfurol, à des composés saturés ou incomplets, avec des combinaisons magnésiennes allant de l'iodure de méthyle au bromure d'iso-amyle et au bromure de benzyle, et elle a été encore étendue depuis par de nombreux expérimentateurs : A. Klages [3] l'a utilisée dans la série aromatique en vue d'obtenir, par déshydratation des alcools formés, des carbures éthyléniques mono ou diarylés ; S. M. Malmgren [1] a fait réagir le bromocamphre-magnésium sur l'acétone, la benzophénone et le camphre ; Zelinsky [2] a opéré sur l'acroléine et sur la méthyl-1-cyclopentanone-3 ; Jotsitch [3] a montré que ses combinaisons magnésiennes acétyléniques se comportent comme les autres et conduisent, par suite, à des alcools acétyléniques ; en outre, la combinaison double fournie par l'acétylène lui a permis de réaliser des synthèses de γ-glycols acétyléniques, etc.

La présence d'halogènes dans la molécule aldéhydique ou cétonique ne trouble pas la réaction, qui marche très bien avec le chloral, le butylchloral [4], la chloracétone [5], l'aldéhyde cinnamique α-bromée [6], la para-iodacétophénone (Klages, *loc. cit.*). Il en est de même pour la fonction éther de phénol, qui n'intervient pas davantage, comme l'ont montré les synthèses de l'anéthol et de l'isoeugénol par l'action de CH^3MgI sur l'aldéhyde anisique et sur la vanilline, puis déshydratation des alcools formés [7]. Il y a lieu de remarquer que les alcools tertiaires, qui sont, comme on sait, assez peu stables, se déshydratent parfois au cours de la réaction, si bien qu'au lieu de l'alcool cherché, on obtient l'hydrocarbure incomplet correspondant.

Pour ce groupe de réactions, l'emploi des combinaisons organomagnésiennes présente une supériorité considérable sur les méthodes de Wagner et de Saytzeff. Tandis que les composés organozinciques polymérisent les cétones en — CO — CH^3, auxquelles cependant la méthode de Saytzeff ne peut s'appliquer, il n'y a ici aucune exception à faire.

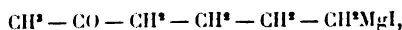
En outre, les rendements rapportés à l'éther halogéné sont, en moyenne, trois à quatre fois plus élevés. Il y a lieu d'excepter pourtant, comme je l'ai déjà dit, les synthèses d'alcools allylés par la méthode de Saytzeff, pour lesquelles le zinc est bien préférable au magnésium.

Un cas particulièrement intéressant de cette méthode est celui où le groupement organomagnésien et le groupement aldéhyde ou cétone se trouvent sur la même molécule. Nous avons vu que l'α-bromocamphre donnait un magnésien normal (Malmgren) ; mais, si les deux groupements sont en position convenable, ils peuvent réagir l'un sur l'autre. C'est ce que Zelinsky et Moser [8] ont

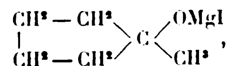
[1] *Ann. de Ch. et de Ph.*, 1902, t. XXVII, p. 548.
[2] Grignard et Tissier : *C. R.*, 1902, t. CXXXIV, p. 107.
[3] *Berichte*, 1902, p. 2633, 2646, 2649, 3506.

[1] *Ber.*, 1902, p. 3910.
[2] *Ber.*, 1901, p. 3950 ; *J. Soc. Ph. Ch. R.*, 1902, t. XXXIV, p. 357.
[3] *Chem. Zeit.*, 1902, t. I, p. 356.
[4] Jotsitch : *Soc. Ch. R.*, 1902, t. XXIV, p. 96.
[5] Tiffeneau : *C. R.*, 1902, t. CXXXIV, p. 775.
[6] Sand et Singer : *Ber.*, 1902, p. 3185.
[7] Béhal et Tiffeneau : *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 561.
[8] *Ber.*, 1902, p. 2684.

constaté avec l'iodo-1-hexanone-5. Par l'action du magnésium, on obtient :



qui donne immédiatement :

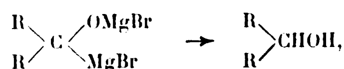


que l'eau transforme en méthylcyclopentanol.

5. *Oxyde de carbone.* — Le groupement carbonyle est capable, comme on sait, d'exister à l'état libre : c'est l'oxyde de carbone. Il peut théoriquement réagir à la fois comme carbonyle et comme composé incomplet.

En fixant une seule molécule d'organomagnésien, il donnerait R.C.OMgBr ou R(CO)MgBr, qui conduirait finalement, avec ou sans transposition moléculaire, à l'aldéhyde RCHO.

S'il fixe deux molécules d'organomagnésien, nous aurons :



alcool secondaire symétrique.

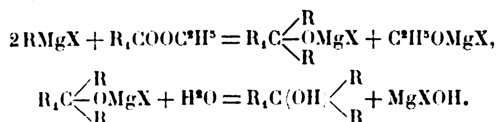
En fait, l'oxyde de carbone réagit facilement sur les combinaisons magnésiennes de la série grasse en donnant de beaux cristaux qui paraissent répondre à la formule



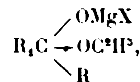
Mais, en les détruisant par l'eau, je n'ai trouvé[1] que des traces d'un composé aldéhydique.

En décomposant à part la liqueur éthérée qui baigne les cristaux, elle fournit en plus ou moins grande quantité l'alcool secondaire prévu par la théorie, ou plutôt son produit de déshydratation; mais, résultat tout à fait inattendu, on obtient toujours une forte proportion de l'alcool ROH tel que le fournirait la saponification de l'éther halogéné initial. Je m'occupe actuellement de rechercher l'explication de ce phénomène.

6. *Éthers-sels.* — Avec les éthers-sels, deux molécules de composé organo-magnésien entrent à la fois en réaction :



La première réaction pourrait comporter deux phases; mais, à la vérité, toutes les tentatives qui ont été faites par différents chimistes, aussi bien dans le cas des composés zinciques que des composés magnésiens, pour saisir la phase intermédiaire sont restées infructueuses. Peut-être cependant, en refroidissant fortement, pourrait-on y arriver, et cela serait très intéressant, car on obtiendrait vraisemblablement :



qui conduirait à des aldéhydes (formiates) ou à des cétones R—CO—R.

Tandis que les combinaisons organozinciques ne réagissent que sur le formiate d'éthyle et que la réaction ne peut s'appliquer qu'avec l'iodure d'allyle aux autres éthers, les combinaisons magnésiennes ont été essayées avec succès dans la série grasse et dans la série aromatique.

J'ai étudié la réaction sur les éthers formique, acétique et benzoïque, puis la méthode a été généralisée par Béhal[1] et par Masson[2].

Les formiates donnent des alcools secondaires; les autres éthers, des alcools tertiaires, qui se deshydratent facilement dans la série aromatique en donnant l'hydrocarbure correspondant ou, le plus souvent, un dimère qui ne présente plus de caractères éthyléniques (Béhal). Enfin, Jotsitch[3] a obtenu, au moyen de ses dérivés acétyléniques ,des alcools diacétyléniques.

La réaction n'est pas empêchée par la présence dans l'éther-sel de la fonction phénol libre ou éthérifiée (Béhal).

Quant aux rendements, ils sont, en général, excellents et bien supérieurs à ceux que fournit la méthode de Wagner-Saytzeff.

7. *Chlorures d'acides.* — Les chlorures d'acides réagissent très violemment sur les combinaisons magnésiennes et la réaction conduit à un alcool tertiaire[4]. Cependant, j'ai reconnu, depuis[5], que cette réaction se passe en deux phases, comme dans le cas des combinaisons organozinciques. La première conduit à une cétone, comme la méthode de Freund :



Malheureusement, il est très difficile de s'arrêter à ce stade; même en faisant tomber le composé organométallique dans le chlorure d'acide, la cétone formée réagit immédiatement pour donner finalement l'alcool tertiaire correspondant. En opérant dans la glace, je n'ai jamais pu isoler que de

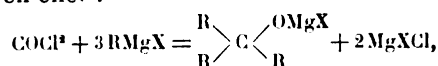
[1] Recherches inédites.

[1] *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 480.
[2] *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 483; 1902, t. CXXXV, p. 533.
[3] *Loc. cit.*
[4] Tissier et Grignard : *C. R.*, 1901, t. CXXXII, p. 683.
[5] Recherches inédites.

très faibles quantités de la cétone prévue, mais on peut espérer obtenir de meilleurs résultats en refroidissant fortement.

Jusqu'à présent la méthode de synthèse la plus générale des alcools tertiaires était celle de Boutlerow; elle est maintenant très avantageusement remplacée par les trois méthodes que je viens d'indiquer, au moyen des cétones, des éthers-sels et des chlorures d'acides, qui, en dehors des avantages généraux déjà signalés, ont permis certaines synthèses pour lesquelles les anciennes méthodes, et celle de Boutlerow en particulier, se trouvaient complètement en défaut. C'est le cas, par exemple, pour le phényldiméthylcarbinol, que j'ai pu préparer par les trois méthodes ci-dessus, et dont une quatrième synthèse a été réalisée, depuis, par Tiffeneau au moyen de C^6H^5MgBr et de l'acétone.

8. *Phosgène*. — A côté des chlorures d'acides proprement dits, on peut placer le phosgène, qui réagit de la même manière, à la fois par addition sur le CO et par substitution des deux atomes de Cl, pour donner des alcools tertiaires symétriques[1]. On a, en effet :

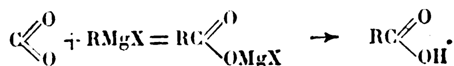


et en traitant par l'eau : $R^3C(OH)$.

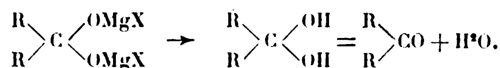
L'opération peut se faire très convenablement au moyen de la solution toluénique commerciale de phosgène; mais il faut avoir soin d'éviter autant que possible l'élévation de la température sous peine d'obtenir abondamment l'alcool secondaire correspondant avec élimination d'un hydrocarbure incomplet (RX — HX).

9. *Anhydrides d'acides*. — Les anhydrides d'acides conduisent comme les chlorures à des alcools tertiaires (Tissier et Grignard) et ne présentent aucun intérêt particulier.

10. *Anhydride carbonique*. — Il en est un cependant, bien spécial, il est vrai, qui m'a conduit à une nouvelle et très pratique méthode de synthèse des acides monobasiques : c'est l'anhydride carbonique. Le gaz carbonique sec se fixe très bien, en effet, à la température ordinaire, sur les combinaisons magnésiennes, d'après l'équation suivante :



On aurait pu s'attendre à voir se réaliser une deuxième phase, identique à la première, qui aurait donné :

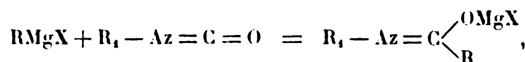


Mais, en fait, la réaction s'arrête à la première phase et permet de passer, avec de très bons rendements, d'un dérivé halogéné à l'acide contenant un atome de carbone de plus, absolument comme la méthode au cyanure de potassium. J'ai indiqué son application dans la série grasse et elle a été étendue depuis dans la série aromatique et dans les séries polyméthylénique et terpénique par Houben et Kesselkaul[1] et par Zelinsky[2]. Enfin, Jotsitch[3] a préparé de la même manière des acides acétylène-carboniques et en particulier l'acide acétylène-dicarbonique.

11. *Sulfure de carbone*. — L'oxygène de CO^2 peut être remplacé par du soufre sans que l'allure de la réaction soit modifiée. C'est ainsi que Houben et Kesselkaul[4] ont institué une méthode de synthèse des acides dithiocarboniques dont on ne connaissait encore qu'un seul représentant, l'acide dithiobenzoïque $C^6H^5.CS^2H$.

Les combinaisons zinciques qui, déjà, ne réagissent que très incomplètement sur CO^2, et encore en présence de sodium, ne se prêtent aucunement à cette dernière catégorie de synthèses[5].

12. *Isocyanates*. — Arrivons maintenant aux fonctions azotées. Dans le cas des isocyanates R—Az=C=O, la réaction pourrait théoriquement se porter soit sur le groupement =C=Az—, soit sur le =C=O, soit sur les deux. Blaise[6] a montré que c'est le CO qui réagit seul et qu'on obtient des anilides :



puis, par l'action de l'eau :



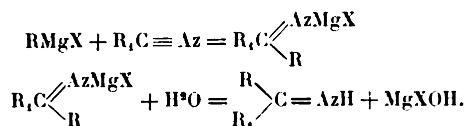
13. *Sulfocyanates*. — Ici encore, l'oxygène peut être remplacé par du soufre. Sachs et Loevy[7] ont, en effet, obtenu au départ du sulfocyanate de phényle des thioanilides avec des rendements de 60 à 70 %.

14. *Nitriles*. — Tandis que, contrairement aux prévisions de Frankland, les combinaisons organozinciques polymérisent les nitriles, les composés

[1] Grignard : *Comptes rendus*, 1903, p. 136.

[1] *Berichte*, 1902, p. 2519, 3695.
[2] *Berichte*, 1902, p. 2687, 2692, 4415; 1903, p. 208.
[3] *Ch. Zeit.*, 1902, t. I, p. 356.
[4] *Berichte*, 1902, p. 3695.
[5] Jorgensen : *J. für pr. Ch.*, 1902, t. LXVI, p. 28.
[6] *Comptes rendus*, 1901, t. CXXXII, p. 38.
[7] *Berichte*, 1903, p. 585.

magnésiens réagissent très bien, comme l'a fait voir Blaise[1], et conduisent à des cétones. On a :

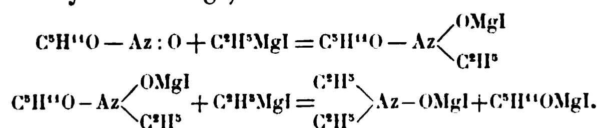


Enfin, la fonction imine qui a pris naissance s'hydrolyse en donnant :

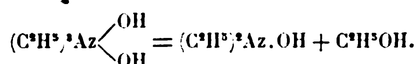


Chose curieuse, le cyanogène, qui devrait réagir symétriquement et conduire, d'après le processus précédent, à des α-dicétones, donne simplement des monocétones symétriques. Il est probable que, comme dans le cas des composés zinciques[2], il se fait d'abord un nitrile qui réagit ensuite normalement.

15. *Fonctions non carbonées.* — Dans toutes les réactions que nous avons étudiées jusqu'à présent, le groupement fonctionnel qui entrait en jeu contenait un atome de carbone et, constamment, c'est ce carbone qui a servi de support au radical organique de la combinaison organomagnésienne. La présence de cet élément est-elle donc indispensable? Wagner l'avait affirmé pour toutes les solutions oxygénées capables de réagir sur les composés organozinciques. Bewad[3] a montré récemment qu'il n'en était rien pour les dérivés nitrés et nitrosés. Moureu[4] a étudié la même question dans le cas des combinaisons organomagnésiennes et a obtenu des résultats à peu près de même ordre que ceux de Bewad. Par exemple, avec le nitrite d'amyle et C^2H^5MgI, on a :



Le traitement par l'eau fournit la diéthylhydroxylamine. Avec le nitroéthane, on obtient encore le même produit final, après passage probable par un composé intermédiaire instable de l'azote pentavalent :



D'autre part, Sand et Singer[5], en faisant réagir le bioxyde d'azote sur CH^3MgI, ont obtenu la méthylnitramine $CH^3AzHAzO^2$, ce qui semblerait indiquer, entre autres choses, que le bioxyde d'azote réagit ici avec la condensation Az^2O^2.

[1] *Comptes rendus*, 1901, t. CXXXIII, p. 1217.
[2] Frankland et Graham : *Chem. Soc.*, t. XXXVII, p. 740.
[3] *J. Soc. chim. russe* : t. XXXII, p. 420, 455; t. XXXIV, p. 52.
[4] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 837.
[5] *Berichte*, 1902, p. 3185.

Il est probable, en outre, que l'anhydride sulfureux, que je me propose d'étudier prochainement, montrera que le soufre peut également servir de support en fournissant des acides sulfiniques, comme le font, d'ailleurs, les composés zinciques.

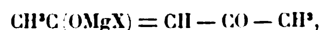
Il en sera encore de même vraisemblablement avec les composés sulfonés dont Moureu poursuit l'étude.

§ 2. — **Fonctions multiples.**

Il nous reste maintenant à examiner ce qui se passe lorsqu'on fait réagir les combinaisons organomagnésiennes sur des molécules contenant plusieurs groupements fonctionnels susceptibles d'entrer en réaction. Nous considérerons d'abord le cas de deux fonctions identiques, puis celui de deux fonctions différentes.

1. *Ethers d'acides bibasiques.* — Tandis que, dans la méthode de Frankland et Duppa, un seul carboxéthyle entre en réaction, M. Valeur[1] a montré qu'avec les alcoyl-magnésiums il y avait symétrie parfaite et, par suite, formation de glycols (ou de produits dérivés). De plus, la méthode n'est plus limitée à l'oxalate d'éthyle, mais s'applique également aux homologues supérieurs.

2. *Dicétones.* — Les dicétones symétriques ont été étudiées par Zelinsky[2] et par Valeur[3]. La réaction se porte encore sur les deux groupements fonctionnels à la fois et conduit à des glycols bitertiaires, ou à leurs dérivés. L'acétylacétone constitue un cas particulier en raison des propriétés spéciales du groupement CH^2 central. Elle fonctionne à peu près intégralement sous sa forme énolique $CH^3.C(OH)=CH—CO—CH^3$ en donnant lieu, comme un alcool, à un phénomène de substitution, au lieu de la réaction d'addition normale. Il se forme :



qui, par l'action de l'eau, reproduit l'acétylacétone (Zelinsky).

3. *Ethers cétoniques.* — Pour rechercher ce qui peut se passer lorsque la molécule organique contient deux groupements fonctionnels différents, je me suis adressé d'abord aux éthers cétoniques α, β et γ[4]. En principe, trois cas peuvent se présenter, suivant qu'un seul des deux groupements entre en réaction ou qu'ils réagissent tous les

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 833; t. CXXXVI, p. 694; *Bull. Soc. Chim.*, 1902, p. 1138.
[2] *Berichte*, 1902, p. 2138.
[3] *Bull. Soc. chim.*, 1902, p. 1138.
[4] *Ann. Ch. et Ph.*, 1902, t. XXVII, p. 548.

deux à la fois. En fait, le carbonyle, plus électro-négatif, réagit toujours le premier, si bien que la méthode permet d'obtenir des acides-alcools tertiaires ou des glycols bitertiaires, mais pas d'alcools cétoniques.

Pour faire réagir le groupement CO seul, il était indiqué d'éviter à chaque instant la présence d'un excès de composé organométallique et, pour cela, de faire tomber celui-ci dans l'éther cétonique. J'y suis arrivé facilement, sans perte ni altération du produit, en le transvasant au moyen d'un siphon en verre, à robinet, amorcé avec de l'éther anhydre.

J'ai obtenu ainsi avec l'éther pyruvique des α-oxyacides, et avec l'éther lévulique des γ-oxyacides, ou plutôt les lactones correspondantes. Quant aux éthers β-cétoniques, ils se comportent de façon particulière.

L'éther acétylacétique réagit uniquement sous sa forme énolique, comme l'acétylacétone, et le traitement par l'eau le régénère à peu près intégralement. Il y a lieu, en outre, de faire une autre remarque. L'énolisation, non seulement empêche le groupement cétonique de réagir normalement, mais encore empêche le groupement voisin d'entrer lui-même en réaction. Il semblerait cependant qu'une fois la fonction énolique bloquée, c'est-à-dire une fois réalisée la phase :

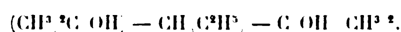


rien ne s'oppose à ce que la réaction se porte normalement sur le carboxéthyle. Il n'en est rien pourtant et il serait assez intéressant de rechercher s'il en est ainsi avec tous les acides-alcools, ou bien s'il n'y a pas là, ce qui est probable, une propriété spéciale des composés β-cétoniques.

L'éther acétylacétique monosubstitué réagit encore principalement sous sa forme énolique, mais il est cependant possible de réaliser partiellement les réactions normales. C'est ainsi que j'ai pu obtenir l'acide-alcool :

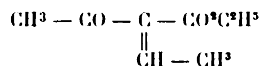


et le glycol bitertiaire :

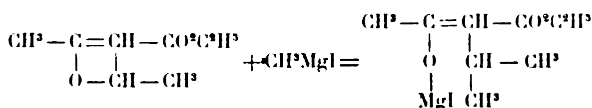


L'éther diéthylacétacétique, qui ne peut plus prendre la forme énolique, ne réagit cependant pas normalement. Le groupement CH^3CO se détache et je n'ai pu caractériser nettement que l'autre tronçon sous forme d'éther diéthylacétique.

L'éther éthylidène-acétylacétique présentait un intérêt particulier en raison de l'incertitude qui règne encore sur sa constitution. En le faisant tomber dans CH^3MgI et en saponifiant, après traitement par l'eau, le produit de la réaction, j'ai obtenu surtout de la méthylisobutylcétone. Comme nous ne connaissons pas jusqu'à présent d'exemples de fixation des combinaisons organo-magnésiennes sur une liaison éthylénique, ce résultat me paraît inexplicable avec la formule habituelle :

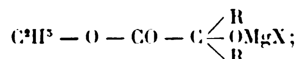


Il s'explique très facilement, au contraire, en adoptant la formule de Claisen. On a alors :

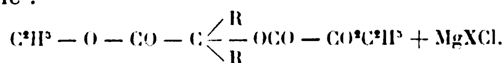


dont la transformation en méthylisobutylcétone est évidente.

4. *Chlorure d'éthyl-oxalyle.* — Avec le chorure d'éthyl-oxalyle[1], le problème se posait comme précédemment, avec cette différence cependant que le groupement COCl, plus négatif que le CO, aura plus de tendance encore à réagir le premier. Lorsqu'on fait tomber le composé magnésien dans le chorure d'éthyl-oxalyle, il se produit une réaction secondaire inattendue : La réaction se porte d'abord normalement sur le COCl en donnant :

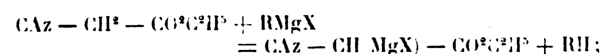


puis le chlorure d'éthyl-oxalyle, qui se trouve en excès, réagit comme chlorure d'acide sur la fonction alcoolique engendrée, en l'éthérifiant, ce qui donne :



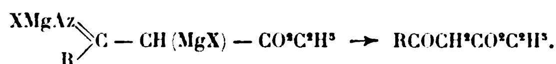
La formation de cet oxalate mixte, assez peu stable d'ailleurs, fait perdre la moitié du chorure d'éthyl-oxalyle; il devient, par suite, préférable d'opérer en sens inverse, c'est-à-dire de faire tomber une demi-molécule du chlorure-éther dans une molécule d'organo-magnésien. On n'obtient dans ces conditions que l'α-oxyacide, avec des rendements de 30 à 40 % dans la série grasse, un peu plus faibles dans la série aromatique.

5. *Ether cyanacétique.* — En faisant réagir l'éther cyanacétique sur les combinaisons magnésiennes, la réaction se limite au groupement — C ≡ Az; c'est ainsi que M. Blaise[2] a réalisé une méthode de synthèse des acides β-cétoniques. La réaction se passe en deux phases. Tout d'abord la présence d'un atome d'H acide détermine une substitution :



[1] GRIGNARD : *C. R.*, 1903, t. CXXXVI, p. 1200.
[2] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 38.

puis le groupement nitrile réagit comme nous l'avons vu en donnant :



Remarquons, en passant, que la présence d'un groupement CH^2 électronégatif ne suffit pas, comme on le voit, pour empêcher la réaction d'être normale ; il en est encore de même, en effet, avec le malonate d'éthyle (Valeur). L'anomalie observée plus haut semble donc bien liée, non pas à la forme β-cétonique elle-même, mais à la forme énolique tautomère.

§ 3. — Autres synthèses.

Il nous reste enfin à dire quelques mots de deux autres méthodes de synthèse dans lesquelles interviennent le zinc ou ses composés organométalliques.

La synthèse des hydrocarbures par chauffage sous pression du composé organométallique avec un dérivé halogéné (Würtz) ne paraît pas avoir été essayée jusqu'à présent au moyen des combinaisons magnésiennes.

En ce qui concerne la méthode de Réformatsky (Zn et éthers d'acides halogénés), les deux métaux, Zn et Mg, paraissent présenter chacun des avantages particuliers suivant les cas. Ainsi, pour condenser les éthers d'acides α-bromés et α-substitués avec les nitriles, pour préparer des éthers β-cétoniques et α-substitués, ou avec le trioxyméthylène pour préparer des acides β-alcools primaires, Blaise [1] a obtenu de meilleurs résultats avec le zinc, tandis que Zelinsky et Gutt [2] ont donné la préférence au magnésium pour condenser les mêmes éthers α-bromés avec les cétones cycliques.

V. — Conclusions.

En résumé, on voit que les combinaisons organomagnésiennes de formule RMgX présentent toute une série de précieux avantages qui les placent bien au-dessus des combinaisons zinciques. Elles sont incomparablement plus nombreuses et peuvent appartenir à la série grasse, à la série aromatique, à la série polyméthylénique ou à la série terpénique ; elles sont beaucoup plus faciles à préparer et peuvent être manipulées sans aucun danger. Elles se prêtent à un plus grand nombre de méthodes que les composés zinciques, réagissent dans chaque cas avec plus de généralité, plus vite, plus complètement et avec de bien meilleurs rendements.

Il faut, cependant, faire exception pour les synthèses d'alcools allylés par la méthode de Saytzeff et pour les synthèses de cétones par la méthode de Freund. Il est vrai que cette dernière méthode peut être remplacée ou complétée par celle de Blaise, qui substitue les nitriles aux chlorures d'acides, et que ceux-ci paraissent pouvoir être utilisés également comme je l'ai indiqué, à condition d'opérer à température suffisamment basse.

Enfin, à côté des perfectionnements considérables que les combinaisons magnésiennes ont apportés aux synthèses d'alcools, non seulement dans le cas des fonctions simples, mais encore dans celui des fonctions multiples, elles ont permis d'instituer une nouvelle méthode de synthèse d'acides monobasiques, destinée à remplacer dans beaucoup de cas la méthode au cyanure de potassium.

Ainsi, en élargissant nos horizons, en ouvrant la voie à de nouvelles recherches, le magnésium s'est placé d'un seul bond parmi les plus importants des métaux employés en Chimie organique. Demain, peut-être, car telle est l'inéluctable loi du progrès, il sera remplacé par quelque réactif plus plastique encore ; il n'en aura pas moins marqué une étape féconde de la synthèse organique [1].

V. Grignard,
Chargé de Conférences
à la Faculté des Sciences de Lyon.

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 38 ; t. CXXXIV, p. 551.
[2] *Berichte*, 1902, p. 2140.

[1] Conférence faite au Laboratoire de M. A. Haller, à la Sorbonne.

L'ALIMENTATION DES VILLES EN EAU POTABLE

DEUXIÈME PARTIE : CAPTAGE DES EAUX

Après avoir passé en revue, dans un premier article[1], les moyens d'obtenir de l'eau potable, il reste à examiner la manière de capter chacune des eaux que l'homme tient à sa disposition.

Il est très rare de pouvoir obtenir économiquement une eau unique ayant toutes les qualités requises. On peut fournir à une ville, sous deux canalisations distinctes : 1° Une eau servant aux besoins domestiques; 2° Une eau pour le lavage des rues, le tout à l'égout, etc.

C'est le principe de la double canalisation, posé depuis très longtemps et mis en échec dans beaucoup de grandes villes. Nous sommes persuadé qu'il faudra y revenir, et notre avis est partagé par beaucoup de personnes des plus autorisées. Voici l'opinion de M. Imbeaux, directeur du Service des eaux et de l'assainissement de Nancy :

« Sauf les situations spécialement favorables (comme Grenoble par exemple), il n'est pas pratiquement réalisable de donner à une grande ville assez d'eau pure pour satisfaire tous les besoins. La dépense en serait très élevée. Du reste, il est inutile de mettre de l'eau aseptique dans les cabinets, dans les caniveaux, pour l'arrosage des rues et des jardins, la chasse des égouts, l'industrie, etc., et comme, d'ordinaire, la ville a un fleuve à sa portée, il est tout naturel de demander cette eau de service à ce fleuve : seulement il faut qu'elle ne soit pas mise sur la voie publique à la merci des passants. Pour l'eau de boisson, de deux choses l'une : ou la ville peut se procurer de bonnes sources ou de l'eau de nappes profondes, et elle en fait un réseau spécial qui alimente les maisons, les bornes-fontaines, etc.; ou bien elle ne le peut et elle doit alors *stériliser* (soit par filtration sur *sable bactériologiquement surveillée*, soit par l'ozone, la chaleur, etc.) une partie de son eau de rivière et la distribuer aussi par canalisation séparée. L'inconvénient de la double distribution est le coût élevé des doubles tuyaux dans chaque rue : toutefois (comme à Saint-Étienne), on peut ne pas mettre l'eau de service absolument dans toutes les rues. »

Dans une grande ville comme Paris, stériliser toute l'eau, soit près de 300.000 mètres cubes par jour, est une dépense considérable si l'on veut que le traitement soit efficacement surveillé. D'autre part, dans le cas de la double canalisation, il ne faut pas perdre de vue que les conduits qui amèneront les eaux servant aux besoins domestiques seront plus petits. Les joints pourront être mieux soignés, car une canalisation n'est jamais à l'abri de la contamination tout le long de son parcours.

La crainte de voir l'eau non potable servir d'eau de boisson a fait rejeter le principe de la double canalisation. D'autre part, nous pensons que, dans une grande ville, les causes de contamination sont assez nombreuses et qu'il est préférable d'améliorer *bactériologiquement* la qualité des eaux de rivière servant à l'arrosage des rues par exemple. On ne connaît pas encore un moyen simple, rapide, peu coûteux et ne demandant aucune surveillance pour obtenir un tel résultat. Nous sommes persuadé que, lorsqu'il sera connu, ce procédé contribuera puissamment à l'extension de la double canalisation dans toutes les grandes villes.

I. — Captage de l'eau de pluie.

§ 1. — Citernes.

L'eau de pluie, ruisselant sur les toits, est dirigée, au moyen de tuyaux de fonte ou de zinc, dans des fosses creusées en terre ou des réservoirs placés à l'air libre. Nous préférons les premières, qui maintiennent l'eau plus fraîche.

Ces eaux ne sont pas pures; elles entraînent toutes les impuretés de l'air et du toit sur lequel elles ruissellent. On doit déconseiller leur installation à proximité des usines. Du reste, la création de citernes n'est à recommander que là où l'on ne peut avoir d'autres eaux.

Ces eaux, une fois dans la citerne, restent stagnantes et sont rapidement peuplées par les microorganismes de l'air. Ces êtres vont se développer, vivre dans ces eaux et leur communiquer un goût spécial aux citernes ordinaires.

On préfère, pour retarder ces phénomènes de putréfaction, couvrir la citerne, dont les parois doivent être bien étanches pour deux raisons : 1° afin de conserver intégralement l'eau recueillie; 2° dans le but d'éviter les contaminations par fosses d'aisances. La citerne doit être nettoyée au moins deux fois par an.

Depuis longtemps, on a apporté quelques améliorations à l'installation des citernes. Ainsi, à Cadix, où chaque maison est munie d'une citerne, on rejette les premières eaux qui sont les plus impures. Il suffit, pour cela, de munir le conduit qui

[1] Voyez la *Revue* du 15 octobre 1903, t. XIV, p. 990.

descend du toit d'un robinet qui laisse écouler au dehors les premières eaux. Au bout d'un certain temps, on ferme le robinet et les eaux coulent directement dans la citerne. Malheureusement, en France, on ne prend même pas cette précaution élémentaire.

Les citernes de Venise sont renommées pour leur construction. Pendant longtemps, les eaux de pluie ont été le seul moyen d'alimenter Venise en eaux potables.

On emploie, comme matériaux essentiels, le sable et l'argile; on commence par pratiquer dans le sol une excavation ayant la forme d'un tronc de pyramide dont la hauteur est de 3 mètres (fig. 1). La petite base du tronc se trouve occuper le fond de l'excavation. On garnit cette dernière d'un bâti en bois pour maintenir le terrain, et l'on dépose par-dessus une couche d'argile pure, bien liée et dont on lisse avec soin la surface. Dans les plus grandes citernes,

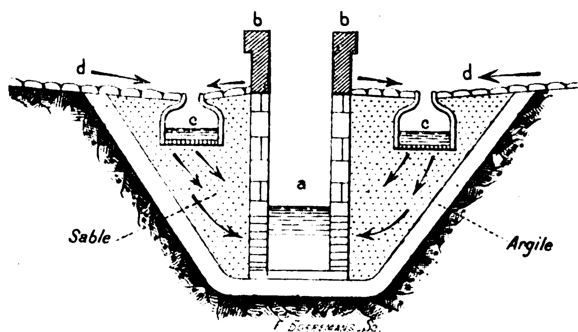


Fig. 1. — *Citerne de Venise.*

l'épaisseur de la couche d'argile ne dépasse pas 30 centimètres; c'est suffisant pour résister à la pression de l'eau et empêcher la pénétration des racines des végétaux. Le fond de l'excavation est garni d'une pierre circulaire creusée en son milieu. Elle forme la base d'un cylindre creux *a*, ayant les dimensions d'un puits ordinaire et qu'on bâtit en briques sèches. Les briques du fond sont percées de trous coniques. Le puits s'élève jusqu'au-dessus du sol et se termine par une margelle ordinaire *b*.

L'espace compris entre la paroi extérieure du puits et les parois intérieures de l'excavation dont il occupe le centre est rempli avec du sable de mer lavé. A chacun des angles de la fosse, on dispose une sorte de niche en pierre *c*, fermée par un couvercle en pierres percées de trous; ces boîtes, ou *cassetoni*, sont reliées entre elles par un petit canal en briques sèches. L'eau de pluie entre directement dans les cassetoni, traverse le sable, se filtre et pénètre enfin dans le puits central d'où on la retire avec des seaux. La surface du sable reçoit un pavage ordinaire *d*, qui est incliné de façon à amener vers l'orifice des cassetoni l'eau pluviale qui y tombe.

Cet appareil est un véritable filtre. Nous nous sommes un peu étendu sur sa description parce que, dans les campagnes, il pourrait être avantageusement installé là où le forage d'un puits communal est dispendieux. D'autre part, les habitants, lorsque le puits est trop profond, c'est-à-dire dépasse 30 à 35 mètres, préfèrent prendre l'eau des mares plutôt que se donner la peine de tirer un seau d'eau du puits. Les municipalités dépensent donc inutilement leur argent pour aboutir à l'abandon du puits.

On pourrait augmenter la valeur hygiénique de cette forme de citerne en facilitant le mouvement de l'eau. Je crois que les constructeurs arriveraient, au moyen d'un appareil semblable à un petit moulin à vent, à obtenir un tel mouvement. Il suffirait de faire repasser l'eau de la citerne sur le sable pour empêcher le développement des micro-organismes.

En admettant, avec Grimaux de Caux, qu'il faille environ 45 mètres carrés par an pour alimenter quatre personnes adultes, une vache ou un mouton et un porc, la surface de toit nécessaire ne dépasserait pas 90 mètres carrés, ce qui est la surface de toiture de l'habitation d'un petit cultivateur.

L'utilisation rationnelle des toits d'une ferme permettrait donc d'abreuver les animaux en eau potable sans les conduire aux mares, où souvent l'eau corrompue renferme des germes d'épizooties.

§ 2. — Mares.

Nous ne voulons pas conseiller ici l'alimentation par les mares. Les causes de contamination très nombreuses (linge, excréments, animaux, etc.) et la faible étendue du bassin, qui ne permet pas une épuration artificielle rapide, devraient exclure ces eaux de l'alimentation. Dans les campagnes, on les trouve très abondamment, et, il ne faut pas se le dissimuler, elles rendent de réels services. Dans certains villages, les mares pour laver sont différentes de celles qu'on réserve à l'abreuvage des animaux. C'est donc une amélioration sensible. Les habitants, également, boivent cette eau corrompue; souvent aussi, ils cherchent à l'améliorer en la mélangeant à un corps sucré, comme le jus de pommes.

II. — Captage des eaux de surface.

Pour s'alimenter, une ville tient à sa disposition soit des eaux de surface, soit des eaux de profondeur. Nous distinguons, parmi les premières, les eaux d'étangs, de lacs, de barrages-réservoirs, de fleuves, de rivières et de glaciers.

§ 1. — Étangs.

Les étangs peuvent être artificiels ou naturels. Ils peuvent recueillir des eaux ruisselant à la surface du sol sur un terrain argileux et imperméable, ou encore être formés par quelques sources dans le fond d'un vallon, sources dont le débit, peu considérable, est compensé par l'évaporation ou dont le niveau piézométrique est insuffisant pour déterminer un écoulement.

Ces eaux sont assujetties à de grandes et nombreuses contaminations; on peut espérer, néanmoins, obtenir une auto-épuration si l'étendue du bassin et le faible débit qu'on lui prendra laissent le temps aux phénomènes naturels de se produire.

TABLEAU I. — ***Eaux du Carré de Saclay.***

	6 JUILLET 1895	8 JANVIER 1896	17 MARS 1899
Recherches générales :			
Degré hydrotimétrique	7,0	6,2	7,4
Matière organique, milieu acide	»	»	7,2
Matière organique, milieu alcalin	4	3,5	8,4
Oxygène dissous	5,5	6,5	5,2
Ammoniaque et sels ammoniacaux	traces	traces	1,3
Ammoniaque des albuminoïdes	»	»	1,9
Azotites	»	»	»
Azotates ou acide nitrique	2,7	1,3	2,9
Acide sulfurique	12	9	12,5
Chlore	10	14	16
Chaux	37	29	37,5
Magnésie	»	»	»
Soude	7.	6	6,8
Silice	traces	traces	traces
Résidu desséché à + 11°	181	178	187
— — calcaire	73	68	75
Perte au rouge	108	90	112
Analyse bactériologique :			
Numération	1630	2460	3600
Colibacille	»	»	Présent
Bacille d'Eberth	»	»	Présent

En règle générale, pour qu'un étang donne une eau à peu près potable, il est nécessaire que le séjour de l'eau dans son intérieur soit de un an environ. Cette condition n'est pas exclusive d'une purification ultérieure par filtration sur sable.

Comme exemple, nous indiquerons la ville de Versailles, qui utilise pour son alimentation l'eau des étangs de Trappes (au nombre de sept) et de Saclay (au nombre de trois), provenant du ruissellement des eaux sur l'argile à meulières de Beauce. L'eau arrive à ces étangs par de grandes rigoles découvertes, qui récoltent les eaux des champs du voisinage. L'analyse ci-jointe (Tableau I) montre que, dans l'étang de Saclay, on a décelé le bacille typhique.

A Versailles, l'eau des étangs est filtrée grossièrement, sauf celle de Saclay, qui sert plus spécialement à l'arrosage et à l'alimentation des bassins du parc. On ne sait rien sur la durée du séjour de ces eaux dans les étangs, mais on les appelle eaux blanches parce qu'elles sont souvent troubles.

Versailles ne peut, malgré tout, se passer de ses étangs, parce qu'elle complète son alimentation avec les eaux de Croissy ou des sources dites de Colbert, trop chargées en sels calcaires. Ces eaux d'étangs viennent diluer les sels de chaux et rendre toutes ces eaux potables.

§ 2. — Barrages-réservoirs.

Dans les pays à sol imperméable, comme les terrains primitifs, les eaux de ruissellement acquièrent une valeur considérable. Après une pluie, les rivières sont transformées en torrents, et Belgrand, dans son livre sur « la Seine », indique que c'est en observant une telle crue qu'il commença ses études hydrologiques.

Ce savant ingénieur fut le premier à recommander l'installation de barrages-réservoirs capables d'emmagasiner, au moment de la pluie, le trop-plein des eaux et à faire bénéficier les industries d'une eau qui, sans barrage, se fût écoulée non seulement sans profit, mais encore en occasionnant des dégâts. Belgrand avait compris également qu'il ne fallait pas chercher à recueillir toutes les eaux d'une crue, les phénomènes d'érosion qui en sont la conséquence amenant, dans la suite, de graves mécomptes.

Le barrage-réservoir est un étang ou un lac artificiel. Le lac de Genève n'est autre chose qu'un barrage-réservoir sur le Rhône.

Donner plus de régularité à un cours d'eau et profiter de cette accumulation d'eau pour alimenter une ville, c'est rendre service aux riverains de la rivière et aux habitants de cette ville. Dans beaucoup d'autres situations, il y a des intérêts lésés; ici, au contraire, tout le monde profite. Aussi trouve-t-on ce genre de captation très répandu dans le Plateau central, où M. Reuss, ingénieur à Saint-Etienne, a acquis une réputation justement méritée[1].

Le principe est le suivant : En amont d'une ville, on construit, perpendiculairement au cours de la rivière, un barrage de 20 à 30 mètres de hauteur, quelquefois droit, d'autres fois curviligne. On ménage un déversoir pour donner un courant suffisant à la partie aval, et l'on calcule le volume du réservoir de façon qu'en temps de crue une assez grande partie des eaux soit retenue. Pour cela, en

[1] Les renseignements qui suivent nous ont été communiqués très obligeamment par M. Imbeaux; des indications plus détaillées se trouveront dans l'*Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau*, dont nous avons eu la primeur.

temps ordinaire, on ménage toujours un vide dans le réservoir pour ces moments.

Le département de la Loire possède une vingtaine de villes alimentées de cette façon. Le volume des réservoirs varie de 1 million à 3 millions de mètres cubes. Souvent, deux réservoirs consécutifs sont installés le long de la même vallée. La prise d'eau se fait par en dessous, de telle façon qu'on utilise des eaux ayant séjourné un temps assez long et à moitié épurées naturellement. Comme exemple, nous citerons la ville de Saint-Etienne. Elle a capté les eaux du Furens et du Lignon au moyen de ces barrages. Elle a fait ou fait construire quatre réservoirs pour retenir les eaux de ces rivières.

Ces eaux sont très pauvres en chaux, ce qui est très utile pour les teintureries et les aciéries de Saint-Etienne.

Voici l'analyse de ces eaux, prises au barrage dit du Goufre d'Enfer :

Degré hydrotimétrique total	2 mmg
— — permanent	0
Résidu fixe	25,7
Chaux	5,6
Magnésie	traces
Acide sulfurique	traces
Silice	2
Alumine et fer	3
Sel marin	5
Matière organique (en oxygène)	1 à 2
Nitrates	traces
Nitrites	0
Ammoniaque	0

L'analyse bactériologique a décelé de nombreuses bactéries et le colibacille.

Ces différentes eaux ont un inconvénient : elles sont assez riches en oxyde de fer, lequel, grâce à la présence des *Crenothrix*, se dépose en nodules et peut diminuer le débit de la canalisation.

Nous avons indiqué dans notre premier article le moyen de remédier à cet inconvénient; ce n'est donc pas un obstacle. La ville de Liverpool, alimentée de la même façon, est dans ce cas.

Au procédé d'alimentation par barrage, M. Ed. Kemma soulève une objection. Une eau superficielle est toujours contaminable et la valeur hygiénique d'une telle eau est douteuse. Pour empêcher la pollution de l'eau, on peut exproprier toute la partie drainée, laquelle est rendue et maintenue déserte. A Croton (New-York), on a décidé de prendre cette mesure il y a quelques années. Ou bien on peut filtrer les eaux, comme à Rivington et à Oswestry.

Un certain nombre de grandes villes allant capter leurs eaux au loin, ce qui amène souvent des récriminations de la part des parties lésées, pourraient, dans certaines circonstances, avoir recours à ce moyen, quitte à les filtrer après. Les terrains primaires, très peu peuplés, offriraient, au filtrage, une sécurité encore plus grande que les eaux de rivières.

§ 3. — Eaux de lacs.

Ces eaux peuvent être rapprochées des précédentes quant à leur qualité. En France, ce mode d'alimentation est peu usité, mais ce ne sont pas les projets qui ont manqué On se souvient encore du projet Duvillard, relatif à l'adduction des eaux françaises du lac Léman à Paris et dans la banlieue. Dernièrement encore, le D[r] Prompt a proposé l'utilisation du lac d'Issarles (Ardèche) pour l'alimentation de Paris.

L'avantage des lacs d'une étendue égale à celle du lac de Genève (plusieurs milliards de mètres cubes) est d'obtenir une température uniforme dans certaines parties. Ainsi, au milieu du lac, et à 10 mètres de profondeur, la température est de 12° pendant toute l'année.

Généralement, les lacs sont alimentés par des eaux pauvres en extrait sec. Le lac de Genève, cependant, a un degré hydrotimétrique de 16 à 17°. L'eau renferme peu de chlore, des traces de nitrate. Au centre, on trouve de 20 à 90 germes au centimètre cube; c'est donc, à tous les points de vue, une eau comparable à la meilleure eau de source.

Nous n'avons pas à envisager ici les causes qui ont forcé à écarter ce projet. La ville de Lausanne s'alimente à ce lac et rejette dans le même lac ses eaux d'égout. Ne prélevant pas ses eaux à une distance suffisante du bord, elle n'obtient qu'une eau mauvaise.

La ville de Zurich a si bien compris ces inconvénients qu'elle filtre sur sable les eaux du lac.

Une précaution est à prendre quand on veut capter ces eaux : il faut éviter les courants. Les études faites avant captage ne sont qu'une indication approximative de la valeur des eaux captées. Le pompage continuel dans le lac, s'il est exagéré, peut faire naître des courants qui modifient la composition initiale des eaux.

Au point de vue de la qualité, ces eaux sont préférables aux eaux de rivières et à certaines eaux de sources. Dans quelques cas, il sera nécessaire de les purifier, comme à Zurich ou à Berlin.

§ 4. — Eaux de glaciers.

Nous passons à une eau emmagasinée d'une façon un peu différente des cas précédents.

Ce sont des eaux de neige ou de pluie qui n'ont pu se contaminer dans les régions peu habitées, on peut même dire désertes, où elles sont tombées.

Le froid, accumulant sur les flancs des montagnes une grande masse d'eau, joue le rôle des réservoirs. Aussi obtient-on de cette façon des eaux très pures. Schmelek, sur le Jostedalstro, a trouvé les résultats suivants :

Ruisseau à 50m des glaciers	4 et 6	colonies.
Neige des glaciers à 1800-2000m d'altitude.	2	—
Ruisseau	9 à 15	—

Au point de vue chimique, elles sont presque aussi pures que les eaux distillées ordinaires.

Ces eaux peuvent être consommées sans purification préalable. Elles ont un inconvénient : c'est d'être mal aérées. Nous avons indiqué les moyens d'obtenir l'aération des eaux par filtration sur coke. Le procédé est simple, peu coûteux et efficace. Les villes qui ont la chance de pouvoir s'alimenter de cette façon ne doivent pas hésiter, à la condition, toutefois, de leur faire subir une décantation suffisante pour les rendre limpides, car toujours elles se présentent avec un aspect laiteux.

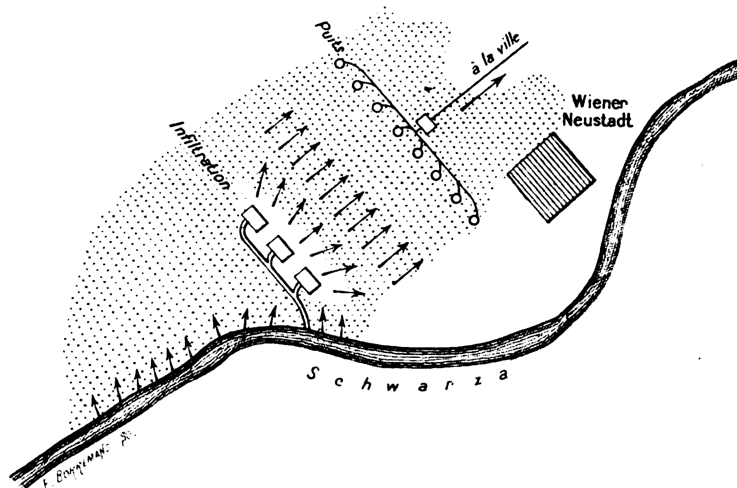


Fig. 2. — *Schéma de l'utilisation de l'eau d'un fleuve en la filtrant dans les alluvions d'une vallée (Vienne).*

§ 5. — Eaux de rivières ou de fleuves.

L'eau d'une rivière ou d'un fleuve est contaminable. Selon les villes traversées, suivant la nature des usines qu'elles font marcher, les eaux peuvent ou non être purifiées. L'analyse chimique renseignera d'abord sur les substances nuisibles que l'eau contient. L'analyse microbiologique renseignera sur la valeur des contaminations. Ces eaux ne sont pas potables à proprement parler, et il est nécessaire de les purifier par un des procédés précédemment décrits.

A Nantes, on utilise une île au milieu de la Loire. On a creusé au milieu de cette île un puits appelé Puits Lefort ; on aspire l'eau qui provient de la Loire en filtrant à travers les graviers dont l'île est formée. Les résultats sont loin d'être satisfaisants.

M. Richert propose une série de solutions qui consistent à irriguer, au moyen de l'eau du fleuve ou de la rivière, les prairies avoisinantes, si le sol est formé de graviers. La figure 2 montre une solution que cet ingénieur propose pour augmenter l'alimentation de Vienne.

Une autre solution consiste à créer des bassins d'infiltration sur les graviers à un niveau supérieur au fleuve, et à récolter ces eaux après leur passage dans le gravier. La figure 3 est relative à un projet pour la ville de Toulouse.

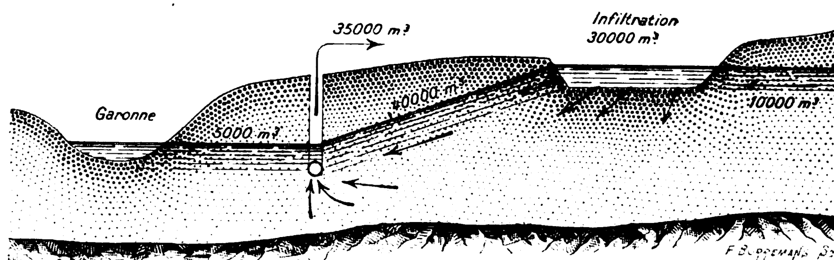


Fig. 3. — *Schéma dû à Richert pour augmenter la puissance des galeries captantes de Toulouse.*

Nous avons vu précédemment l'application faite par le même ingénieur à Gothembourg dans des conditions particulièrement favorables (fig. 4).

Les résultats ont été excellents en Norwège ; il y a lieu de se demander si, dans les alluvions, les résultats seront toujours aussi bons. C'est à l'expérience de conclure.

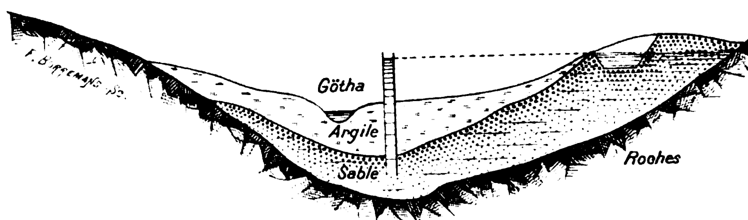


Fig. 4. — *Coupe dans la vallée du fleuve Gotha.*

Le procédé de purification à employer est lié étroitement à l'analyse chimique. Ainsi, pour appliquer l'ozone, il est nécessaire d'avoir une eau pauvre en matières organiques. On devra, en présence d'eaux trop riches, ou bien renoncer à ce procédé, ou encore commencer un dégrossissage sur sable avant l'épuration par l'ozone.

III. — Captage des eaux de profondeur.

§ 1. — **Eaux de puits.**

Le puits a été le moyen le plus usité pour se procurer de l'eau potable. Encore aujourd'hui, c'est le plus répandu dans les campagnes, là où la nappe souterraine est à une profondeur inférieure à 40 mètres.

Le puits doit être assez profond, si l'on veut éviter les contaminations voisines dans les terrains sableux, dans les alluvions. Dans les terrains fissurés, il faut autant que possible l'éloigner des habitations, des fumiers ou fosses d'aisances. Néanmoins, il peut arriver que les contaminations soient lointaines sans qu'on s'en aperçoive. Un puits, comme une source, est toujours suspect dans un terrain fissuré.

Quand on rencontre plusieurs nappes d'eau, il est préférable d'éviter de puiser à la plus superficielle, la plus contaminable.

L'analyse chimique renseigne généralement sur la valeur des contaminations voisines. La richesse des eaux en chlore, acide sulfurique, acide nitrique et en magnésie permet de se rendre compte d'infiltrations qui vont souvent en augmentant. Il peut arriver que, tout à coup, un puits soit contaminé; l'eau est jaune, indiquant une infiltration de purin. On n'a aucun remède contre un tel malheur. Il faut se décider à reconstruire un puits plus loin, le sol étant imprégné pour longtemps.

L'eau d'un puits doit être renouvelée comme celle d'une citerne. Il est indispensable d'y puiser souvent de l'eau. Sinon, on risque d'obtenir des eaux corrompues, très dures dans les terrains calcaires.

Certaines villes s'alimentent ainsi quand elles n'ont aucune rivière ou source dans leur voisinage, ou quand la rivière est contaminée. Il faut se garder de creuser le puits dont on veut pomper beaucoup d'eau en aval dans la vallée, l'épuisement continu de la nappe au moyen de la pompe créant un centre d'attraction de toutes les filtrations de fosses d'aisances. On trouve malheureusement des communes ayant des puits aussi mal situés. Quelquefois même, on préfère s'adresser à la nappe des alluvions d'un fleuve qu'au fleuve lui-même. Pour citer deux exemples, Toulouse et Lyon (fig. 5) prélèvent des eaux dans la vallée au moyen de galeries captantes, qui ne sont autres que des puits à la base desquels on a creusé horizontalement une vaste chambre pour en augmenter le débit. On a cru longtemps que ces eaux provenaient du fleuve et filtraient à travers les alluvions. Les analyses exécutées sur ces diverses eaux, ainsi que les travaux de Belgrand, à Fontainebleau, par exemple, montrent que c'est, au contraire, l'eau des plateaux voisins, laquelle converge vers le fleuve.

Ainsi, voici l'analyse hydrotimétrique des eaux de la galerie de Fontainebleau et celle de la Seine :

Galerie captante	21°2
Seine	16°75

A Lyon, les analyses de Belgrand arrivent aux mêmes résultats :

	Degré hydrotimétrique	Variation de température
Eau du Rhône	16°	9 à 18°
Galerie filtrante	17°94	11 à 13°
Puits du village	23°7	»

Les résultats sont moins nets que pour Fontainebleau, parce qu'en pompant on abaisse le niveau de la nappe et l'on risque de l'amener à une altitude inférieure à celle du fleuve. D'où appel de l'eau du fleuve vers la galerie captante et abaissement du degré hydrotimétrique, grâce au mélange des eaux avec celles de la nappe.

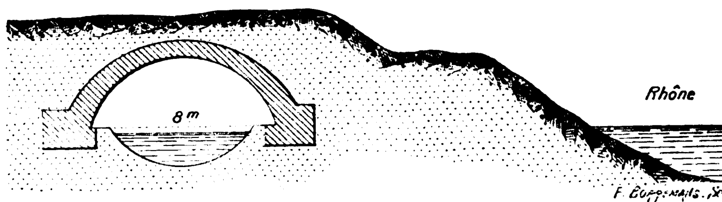


Fig. 5. — *Galerie captante à Lyon.*

A Toulouse, l'une de ces galeries est placée parallèlement au fleuve à une distance moyenne de 40 mètres sur une longueur de 250 mètres. Le fond est à 1m,14 au-dessous des plus basses eaux de la rivière.

L'eau des dunes, qui sert à alimenter la ville d'Amsterdam en eau potable, est également un mélange d'eau de mer et d'eau de la nappe. Les résultats du tableau II, que M. Ringeling a eu l'obligeance de m'envoyer, ne laissent aucun doute à cet égard. Ces eaux sont plus riches en chlore que celles des sources voisines (17 à 18 mgr. par litre). Nous ferions la même remarque pour la magnésie.

Ce sont néanmoins des eaux très bonnes, qui varient peu comme composition chimique avec les saisons.

§ 2. — **Eaux de Sources.**

Nous avons indiqué antérieurement[1] les difficultés qu'on rencontre dans l'étude des eaux de sources. Celles qui donnent le débit le plus considérable s'alimentent dans les terrains fissurés, donc contaminables. Il faudra donc, avant tout captage,

[1] *Revue générale des Sciences*, 1901.

rechercher la nature du ou des terrains géologiques qui contribuent à l'alimentation de la source, puis délimiter le mieux possible ce périmètre d'aliment tation. C'est la tâche du géologue et de l'hydrologue. Ce dernier, au moyen de matières colorantes, de sels facilement décelables dans les eaux, et au besoin par des méthodes électriques, complétera les données du géologue. Ensuite viendra l'analyse chimique et bactériologique. Une fois renseigné sur la valeur des eaux (les études doivent être fort longues et porter sur une année sèche et une année humide), il faudra se préserver des contaminations voisines. Tout le monde est maintenant d'avis que le captage doit être fait dans le gisement géologique alimentant la source.

Or, malgré toutes ces études, malgré le captage dans le gisement géologique, qui, comme nous l'avons vu et démontré, préserve la source des contaminations voisines, on n'est jamais sûr d'éviter une contamination lointaine. Les éléments manquent souvent pour la déceler. Supposons, en effet, qu'une source débitant par seconde 1 mètre cube reçoive sur son parcours les infiltrations d'une dizaine de fosses d'aisances contaminées par des selles typhiques. La dilution des éléments, tant chimiques que bactériologiques, dans une masse d'eau aussi considérable rendra les résultats souvent négatifs.

De là, une surveillance constante au point de vue médical qui, sans enlever tous les risques, les amoindrit suffisamment. Cette surveillance est à la portée de toutes les villes, de quelque importance qu'elles soient; elle n'est malheureusement pas passée dans la pratique.

Les eaux de sources ne doivent pas être prises sans captage. On entoure quelquefois la source d'une véritable cloche en maçonnerie; nous sommes persuadé que cela est tout à fait insuffisant.

Malgré les inconvénients des eaux de sources, on doit les préférer là ou les eaux de rivières ne peuvent être purifiées par des procédés suffisamment surveillés. Elles ont l'avantage d'être fraîches, et souvent très limpides et d'une saveur agréable. La plupart du temps, elles sont suffisamment pures.

Aussi, malgré les attaques récentes dont elles ont été l'objet, sont-elles encore en honneur dans beaucoup de villes en France. Les exemples sont nombreux, et Paris est, parmi elles, la ville qui a dépensé, pour en amener, les sommes les plus considérables. Nous ajouterons que, la plupart des sources donnant en hiver des débits plus considérables et des eaux un peu troubles, il est souvent nécessaire de construire de vastes réservoirs permettant l'accumulation des excédents de débits et, au besoin, leur clarification.

IV. — Conclusions.

Nous avons passé brièvement en revue les principaux moyens de doter une ville ou un village d'eau potable. Les municipalités auront à choisir, dans chaque cas particulier, le moyen le plus économique en même temps que la meilleure eau. Souvent, elles sacrifieront la qualité à cause de leurs faibles ressources, car une bonne hygiène demande de fortes sommes d'argent.

Pour notre part, nous croyons pouvoir résumer ainsi les procédés qui peuvent convenir dans les agglomérations d'importances diverses :

Dans les villages, le puits ou la citerne;

Dans les petites villes, la source;

Dans les villes d'importance plus grande (à partir de 10.000 habitants environ), la source ou les eaux plus superficielles, purifiées par un des moyens indiqués ici, mais surveillées attentivement;

Enfin, dans les grandes villes, les mêmes moyens que précédemment, complétés, s'il y a lieu, par le principe de la double canalisation.

F. Diénert.
Docteur ès sciences,
Chef du service local de surveillance
des sources de la Ville de Paris
pour les régions de l'Avre, du Loing et du Lunain.

Tableau II. — *Eaux d'Amsterdam en 1901.*

Mois	Matières fixes par litre	Eaux des dunes Pertes de poids au rouge	Anhydride sulfurique par litre	Chlore par litre	Permanganate par litre	Chaux par litre	Magnésie par litre
	milligrammes		milligrammes	milligrammes	milligrammes	milligrammes	milligrammes
Janvier	334	74	33	34	8	136	8
Février	336	75	31	34	6	137	7
Mars	338	73	30	34	7	134	7
Avril	338	77	31	35	7	132	7
Mai	336	74	31	55	7	131	7
Juin	337	77	31	34	7	131	7
Juillet	337	82	30	34	7	135	7
Août	337	83	30	34	7	132	8
Septembre	339	82	31	34	7	135	7
Octobre	365	79	36	34	7	132	7
Novembre	369	77	34	33	7	138	7
Décembre	359	73	32	34	7	152	7

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Appell (P.) — **Traité de Mécanique rationnelle.** *Tome III :* **Equilibre et mouvement des milieux continus.** — *1 vol. in-8° de* 558 *pages.* (*Prix* : 17 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

Le tome III et dernier[1] du grand *Traité de Mécanique rationnelle* de M. Appell réalise, dans le domaine des Mathématiques appliquées, un progrès sur lequel il convient de s'étendre quelque peu.

La Mécanique des fluides, lentement élaborée par des voies empiriques, ne pouvait attendre de réels perfectionnements que de l'intervention de l'Analyse, venant coordonner ses principes, uniformiser ses méthodes, généraliser ses résultats. C'est une telle synthèse, accomplie de main de maître, que nous apporte le nouveau volume de M. Appell.

Sans parler de l'heureuse influence qu'un tel livre est appelé à exercer sur l'avenir de la science, on peut affirmer qu'il fera naître une véritable jouissance intellectuelle chez quiconque est sensible au côté esthétique des Mathématiques.

Le volume s'ouvre, avec le chapitre XXVIII, par des sortes de prolégomènes géométriques visant, entre autres, les champs continus de vecteurs dont l'étude revêt ici une forme plus systématique et cohérente que précédemment. L'auteur met soigneusement en évidence de nouveaux vecteurs ou des fonctions, sortes d'invariants, qui ont une signification indépendante du choix des axes, et peuvent recevoir une interprétation physique, tels les tourbillons de vecteurs.

La théorie de l'attraction du potentiel est développée dans toute sa généralité au chapitre XXIX, de façon à comprendre aussi bien le cas de l'attraction électrique ou magnétique que celui de l'attraction newtonienne. Du cas des points isolés, qui le conduit à approfondir la notion de flux de force, l'auteur passe à celui des masses continues, et, tout d'abord, à celui des surfaces attirantes présentant une couche soit simple, soit double comme les feuillets magnétiques. Notons, en passant, le joli exemple d'application de la formule de Stokes que lui fournit l'action d'un courant fermé sur un point magnétique. Pour le potentiel de volume, les difficultés relatives à la continuité et à l'existence des dérivées secondes sont levées avec une admirable simplicité. Vu leur importance pour les applications subséquentes, l'auteur s'étend avec quelques détails sur les propriétés générales des fonctions vérifiant l'équation de Laplace. Recherchant, à la fin du chapitre, en quels cas le problème de l'attraction conserve un sens lorsque la masse attirante est supposée indéfinie, il met en évidence le fait que ce sens peut être précisé dans le cas d'un cylindre indéfini et non dans celui d'un plan.

A la suite de cette digression, essentielle au sujet traité, mais d'ordre plutôt analytique, M. Appell revient, dans le chapitre XXX, au domaine propre de la Mécanique en abordant l'étude des efforts à l'intérieur d'une masse continue soit en équilibre, soit en mouvement, étude qui sert d'introduction à la fois à l'Hydrostatique à l'Hydrodynamique et à l'Elasticité. L'auteur a soin, dès le début, d'insister sur les hypothèses physiques admises. Au point de vue de la méthode mathématique, il est très remarquable qu'à l'exemple, si nous ne nous trompons, de certains auteurs allemands tels que Kirchhoff, il fait un usage constant de la formule de Green pour transformer les intégrales de surfaces en intégrales de volumes, au lieu de raisonner sur des éléments infiniment petits, ce qui conduit à des démonstrations beaucoup plus satisfaisantes. L'introduction de la quadrique directrice fournit, d'ailleurs, une image saisissante de la distribution des efforts autour de tout point de la masse considérée.

L'Hydrostatique fait l'objet du chapitre XXXI. Après avoir, avec netteté, établi la distinction entre fluides parfaits et visqueux, l'auteur montre que les conditions générales d'équilibre sont les mêmes dans les deux cas. Une application fort intéressante est donnée à l'établissement de la formule barométrique de Laplace, amenée, d'ailleurs, à la forme même sous laquelle elle figure à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. Le cas des fluides superposés est traité de façon assez générale.

Lorsque la température est constante dans toute la masse fluide en équilibre (équilibre *isotherme*), l'Analyse prouve que les forces doivent nécessairement dériver d'une fonction de forces *uniforme*. Bien que cela n'offre qu'un intérêt purement théorique, il est très curieux de constater, avec M. Appell, que, dans le cas d'une fonction de forces *non uniforme*, l'équilibre ne peut être réalisé que par l'adjonction de cloisons physiques, matérialisant en quelque sorte les coupures analytiques qui servent à rétablir l'uniformité dans le domaine de la théorie des fonctions.

A titre d'application, l'auteur traite des figures ellipsoïdales d'équilibre des fluides soumis à une rotation uniforme, que régit le beau théorème de M. Poincaré, et donne de précieuses indications bibliographiques pour les travailleurs soucieux d'aborder cet ordre de recherches qui semble encore loin d'être épuisé.

L'étude particulière des fluides pesants prend, à la suite de ces généralités, une grande précision. Elle est suivie d'un paragraphe spécial sur l'équilibre des corps flottants qui, pour les amateurs de Géométrie, ne sera pas l'un des moins bien vus de l'ouvrage. A la suite de la belle méthode de Dupin pour établir les conditions d'un tel équilibre, l'auteur expose, en effet, celle, d'une non moindre élégance, par laquelle, dans sa *Théorie du navire*, le commandant Guyou a discuté la stabilité de cet équilibre.

Avant d'aborder l'étude des fluides en mouvement, l'auteur a jugé utile d'élucider, dans deux chapitres spéciaux, les notions relatives à la déformation et à la cinématique des milieux continus.

Le chapitre XXXII constitue donc, à proprement parler, un exposé de la Géométrie des milieux continus. La méthode adoptée par l'auteur peut être caractérisée par ce fait qu'à l'exemple de MM. E. et F. Cosserat, il s'y appuie constamment sur la considération du ds^2, ce qui revient à étendre à la troisième dimension la marche suivie pour deux dimensions dans le cas des surfaces.

---

[1] On a rendu compte des tomes I et II dans cette *Revue*. Une seconde édition du tome I vient de paraître, qui offre de sensibles changements par rapport à la précédente. L'auteur y a exposé les premiers principes d'après les idées nouvelles de M. Blondlot. Il a modifié sa méthode sur plusieurs points, notamment en ce qui concerne les conditions nécessaires d'équilibre, introduit la distinction fondamentale découverte par Hertz des systèmes *holonomes* ou non, consacré un paragraphe nouveau aux liaisons unilatérales telles que celles qui sont réalisées par des fils, ajouté des exemples nouveaux d'applications (élastique plane), développé certains autres (mouvement vertical des projectiles; gravitation universelle), incorporé enfin dans le premier volume les équations canoniques de la Dynamique du point.

Une nouvelle édition du tome II est aussi en préparation.

La déformation dite *homogène* par lord Kelvin (transformation homographique conservant le plan de l'infini), qui devient *pure* lorsque trois directions rectangulaires restent inaltérées, permet de définir tangentiellement l'allure d'une déformation quelconque.

Les formules et les théorèmes généraux se simplifient dans le cas d'une déformation infiniment petite pour prendre une forme d'ailleurs parfaitement classique.

La Cinématique des milieux continus, traitée dans le chapitre XXXIII, doit ses plus grands développements à Helmholtz; mais il est très remarquable qu'ici encore, comme dans tant d'autres parties de la science, c'est Cauchy qui a été le premier initiateur, sa *rotation moyenne* étant devenue le *tourbillon* d'Helmholtz. Deux systèmes fondamentaux de variables sont ici en présence : celui de Lagrange et celui d'Euler. L'auteur établit d'abord les généralités qui s'y rapportent et renouvelle ce fonds classique en le rattachant de façon systématique à la théorie des vecteurs, ce qui le conduit à une définition des plus satisfaisantes des *lignes de tourbillons*.

La dernière partie du chapitre est réservée à l'importante théorie de la propagation des ondes, fondée par Hugoniot, complétée par M. Hadamard, à qui l'on doit notamment un mode de représentation remarquable dérivé de la considération des vecteurs. L'exposé si clair, donné par M. Appell, de cette théorie étendue aux discontinuités des deux premiers ordres nous semble pouvoir être signalé comme une véritable nouveauté dans le domaine didactique.

Le chapitre XXXIV nous ramène à la Mécanique proprement dite en nous initiant à la Dynamique des fluides parfaits, c'est-à-dire de ceux où la viscosité ne joue aucun rôle, cas limite dont la réalité approche plus ou moins.

L'auteur aborde, en premier lieu, la question au moyen des variables de Lagrange qui se prêtent, entre autres, à la belle démonstration de Cauchy pour le cas où il existe un potentiel des vitesses, démonstration qui a précisément conduit Helmholtz à la notion du tourbillon. De là dérive encore un remarquable système d'équations du premier ordre, dû à Weber, dont les applications pourraient fournir un intéressant sujet de recherche.

Un problème particulièrement curieux est celui qui a trait à la propagation d'une discontinuité du deuxième ordre dans un gaz et qui conduit au théorème de Hugoniot établissant la possibilité d'obtenir la vitesse du son sans intégration, simplement à l'aide des conditions de compatibilité. Cette étude fait ressortir l'impossibilité pour une discontinuité transversale de se propager dans un fluide parfait, d'où la nécessité d'attribuer à l'éther des physiciens des propriétés différentes de celles d'un tel fluide.

Pour le cas d'un mouvement défini dans un système quelconque de coordonnées, M. Appel établit des équations analogues à celles qu'a données Lagrange dans le cas d'un simple point matériel.

Quant aux variables d'Euler, ensuite mises en œuvre par l'auteur, elles conduisent notamment, de façon très directe, aux célèbres équations de Helmholtz qui dominent la théorie des tourbillons.

Le cas particulier où tous les tourbillons sont nuls et où les vitesses dérivent d'un potentiel est, sous le nom de mouvement permanent *irrotationnel*, traité à part. Il donne lieu à la théorie des *sources* et *doublets*, qui présente une curieuse analogie avec celle de l'attraction.

La théorie générale des tourbillons se développe au chapitre XXXV. Elle puise son importance dans ce fait qu'elle intervient partout où il y a champ de vecteurs, ce qui, d'après Lord Kelvin, permet d'en faire le fondement d'une explication mécanique de l'Univers, supposé constitué par une matière continue dont certaines portions seraient animées de mouvements tourbillonnaires indestructibles.

L'étude du mouvement irrotationnel soulève d'ailleurs, relativement à l'ordre de connexion, une discussion fort délicate que l'auteur pousse jusqu'au bout.

La détermination des vitesses en fonction des tourbillons soulève également un problème difficile, dont M. Appell développe complètement la solution dans le cas d'un liquide indéfini [1]. Lorsque tous les anneaux de tourbillon sont circulaires et de même axe, la solution conduit à de curieuses conséquences, vérifiables au moyen du phénomène bien connu des *anneaux des fumeurs*. L'auteur montre ensuite à l'aide de quel artifice le cas général d'un liquide contenu dans un vase fixe peut être ramené à celui d'un liquide indéfini, et fait connaître en quelques pages les travaux de Clebsch sur la question.

Diverses applications pratiques donnent un intérêt spécial aux mouvements parallèles à un plan fixe, examinés dans le chapitre XXXVI, et divisés en irrotationnels et tourbillonnaires.

Parmi les premiers, on peut noter la propagation des ondes parallèles à la surface d'un liquide pesant, ainsi que celle de l'onde solitaire. Quant aux seconds, il est fort curieux que leurs équations se réduisent à la forme canonique. Comme exemple d'un tel mouvement ondulatoire, l'auteur traite le problème de la houle, ramené à l'étude des ondes trochoïdales de Gerstner.

Les principes généraux développés au chapitre XXX sont enfin appliqués, dans le chapitre XXXVII, à la théorie de l'Élasticité, bornée d'ailleurs au cas des déformations infiniment petites. M. Appell s'étend surtout sur le cas de l'équilibre élastique, et met, chemin faisant, en évidence l'importance des beaux travaux de MM. E. et F. Cosserat, à qui l'on doit une méthode nouvelle, se rattachant de façon fort intéressante à la théorie moderne des fonctions, et conduisant à la solution de problèmes inabordables jusque-là. Le développement des applications de cette méthode est digne de tenter les efforts des chercheurs en quête d'un objet utile pour dépenser leur activité scientifique.

Le chapitre XXXVIII et dernier contient quelques indications sur les équations du mouvement d'un liquide visqueux.

D'une manière générale, s'il était permis d'appliquer à une œuvre de haute science un vocable aujourd'hui très à la mode, on pourrait dire qu'il n'est point de livre plus « suggestif » que celui de M. Appell. Il est certainement appelé à marquer le début d'une phase nouvelle dans les progrès de la Mécanique des milieux continus, en permettant à ceux qui s'y intéressent, et notamment aux ingénieurs, de s'initier promptement et de façon sûre à maintes théories modernes, éparses jusqu'ici en des recueils divers, et que l'auteur, avec une maitrise supérieure, est parvenu à grouper dans un exposé d'ensemble d'une impeccable clarté, tout en les complétant ou les perfectionnant sur bien des points par sa contribution personnelle.

Une telle œuvre, dès le jour de son apparition, prend place parmi les classiques.

M. d'Ocagne,
Répétiteur à l'École Polytechnique,
Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

2° Sciences physiques

Perrin (J.), *Professeur chargé de Cours à l'Université de Paris.* — **Traité de Chimie physique.** *Tome I:* **Les Principes.** — 1 *vol. in-8 de* 300 *pages.* (*Prix :* 10 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1903.

Parmi les traités récents de Chimie physique, l'ouvrage que M. Perrin publie aujourd'hui est bien — à en juger du moins par le premier volume paru — une des œuvres les plus originales, les plus sincères et les

[1] Cette solution fait surgir une analogie électromagnétique assez inattendue, en vertu de laquelle la part contributive d'un anneau de tourbillon infiniment délié dans la vitesse d'un point peut être représentée par l'action d'un courant électrique parcourant cet anneau sur un pôle magnétique situé en ce point.

plus personnelles sur cette matière. Tandis que la plupart des auteurs se sont généralement donné comme but unique de faire connaître les travaux les plus importants dans une forme très voisine de celle que l'on trouve dans les mémoires originaux, M. Perrin a pensé que la Chimie physique devait d'abord s'appuyer sur des bases aussi rigoureuses que possible. C'est la raison pour laquelle son premier volume n'est guère qu'un exposé des principes et des notions fondamentales des sciences physiques, devant servir en quelque sorte d'introduction aux doctrines proprement dites de la Chimie physique. Les titres des principaux chapitres : « la notion de force, les facteurs d'action, le principe d'équivalence et la notion d'énergie, le rôle des facteurs d'action dans la production des changements, le principe d'évolution, les caractères de l'équilibre stable, corps purs et lois des combinaisons, le potentiel chimique, la règle des phases », donnent d'emblée une vue générale sur la manière dont le sujet est traité.

Sans avoir encore approfondi la méthode d'exposition adoptée par M. Perrin, qui demande dans une certaine mesure à être contrôlée par la pratique de l'enseignement, nous l'avons trouvée très claire et inspirée par un grand besoin de précision et de rigueur auquel on ne saurait assez rendre justice; car, il faut le reconnaître, de nombreux ouvrages de Chimie physique laissent certainement à désirer sur ce point. Les démonstrations adoptées diffèrent souvent de celles que l'on est habitué à rencontrer dans les traités classiques : dans plusieurs cas, elles sont plus longues; mais l'auteur y est souvent conduit par la règle très saine, qu'il s'est imposée, de marquer toujours nettement dans ses raisonnements la part des déductions mathématiques et la part des notions empruntées à l'expérience. Il résulte de ces explications que le livre de M. Perrin s'adresse surtout aux personnes chargées de l'enseignement supérieur de la Chimie physique; elles pourront y puiser très largement et en toute sécurité de nombreuses démonstrations nouvelles.

Par contre, les débutants ou les lecteurs qui désirent s'initier à ce que l'on pourrait appeler la « Chimie physique courante » éprouveront peut-être quelque difficulté à s'orienter dans cet exposé absolument nouveau des principes fondamentaux, dans lequel l'auteur a fait œuvre personnelle jusque dans les définitions; c'est ainsi, par exemple, que le deuxième principe de la Thermodynamique devient le « principe de l'évolution ». Tout en reconnaissant que ces néologismes sont très heureux au point de vue de la logique des idées, on peut néanmoins se demander si les avantages résultant de cette terminologie nouvelle ne sont pas compensés parfois par d'autres inconvénients d'ordre purement pratique : d'une part, elle peut éloigner de la Chimie physique des esprits cultivés, habitués déjà à un autre langage; d'autre part, elle rend certainement plus difficile la lecture des mémoires originaux, auxquels il faut pourtant toujours revenir. Sur ce point, nous sommes donc un peu conservateur; physiciens et physico-chimistes doivent parler autant que possible la même langue, et innover surtout lorsqu'il n'existe pas encore de mots consacrés en français. A cet égard, nous nous empressons de reconnaître que les choix de M. Perrin nous ont paru, en général, très heureux; ils rendront les plus grands services à tous ceux que leur enseignement appelle à exposer les conceptions les plus modernes de la Chimie physique. On nous dispensera néanmoins de formuler aujourd'hui une opinion définitive sur l'ensemble de l'ouvrage. Nous nous réservons de revenir sur ce point lorsqu'auront paru les deux derniers volumes annoncés par l'auteur, qui seuls permettront de se faire une idée des avantages que présente le mode d'exposition tout à fait nouveau et original auquel il s'est astreint.

Ph. A. Guye,
Professeur de Chimie
à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Osservazioni scientifiche eseguite durante la Spedizione polare di **S. A. R. Luigi Amedeo di Savoia**, Duca degli Abruzzi. — 1 *vol. in-8 de* 724 *pages avec* 87 *figures.* (*Prix* : 25 *fr.*) *U. Hoepli. Milano*, 1903.

Plusieurs monographies, écrites par des savants italiens, composent ce volume, qui contient les observations et les résultats scientifiques de l'Expédition polaire dirigée par le duc des Abruzzes.

On remarque d'abord une lacune : la partie océanographique a été trop négligée. Par exemple, on n'a pris aucune température d'eau profonde, on n'a étudié ni les courants sous-marins, ni la composition ou les propriétés physiques de l'eau, ni la faune et la flore des mers parcourues; tout cela aurait demandé, du reste, des installations trop compliquées. Les sondages ont été nombreux, mais ils ont eu lieu dans le voisinage immédiat des côtes : les plus profonds ont été de 380 mètres. On pourra les utiliser pour introduire, dans l'accélération de la gravité, la correction proposée par Faye, relative au relief sous-marin des îles océaniques. Certaines autres observations ont été forcément incomplètes ou peu nombreuses; mais, en compensation, elles ont été faites avec une grande précision, et l'on pourra en tirer des renseignements assez utiles. Ainsi, les recherches maréographiques, auxquelles M. Alessio a déjà appliqué l'analyse de Kelvin, aideront à résoudre le problème, très complexe, des marées. On n'en avait jamais pratiqué à de si hautes latitudes. Les déterminations pendulaires, faites avec l'appareil de von Sterneck, complètent celles de Nansen, qui ont toujours eu lieu sur la haute mer à bord du *Fram*. Très intéressants sont encore les calculs astronomiques et les recherches magnétiques. Mais, de toutes les observations qui ont pris place dans ce livre, les plus complètes sont celles qui concernent la Météorologie. Il est impossible d'établir, dès maintenant, quelle en est la valeur théorique et pratique : en effet, elles ne sont pas destinées à rester isolées, mais doivent êtres mises en corrélation avec des recherches semblables, faites dans des lieux voisins, ce qui sera la tâche de savants spécialistes à venir. Cependant, certains résultats se dégagent de ces seules observations : ainsi, la prétendue loi de Ferrel n'a pas été vérifiée.

L'Expédition a réuni des collections d'animaux, de plantes et de minéraux. Certaines espèces animales et végétales n'avaient jamais été rencontrées dans ces régions; d'autres sont absolument nouvelles. Ce qu'il y a de plus intéressant, ce sont certains restes organiques : des os temporaux et des mandibules de phoques, des cornes de rennes, etc. Le Professeur Camerano a reconnu que ces restes sont d'origine sédimentaire; évidemment, ils attestent un changement, en sens positif, dans la ligne de rivage des îles explorées.

L. Verney,
Docteur ès sciences.

Jacob de Cordemoy (Dr H.), *Professeur à l'Ecole de Médecine, chargé de cours à la Chambre de Commerce de Marseille.* — **Les Produits coloniaux d'origine animale.** — 1 *vol. de* 396 *pages, avec* 94 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*). *Bibliothèque coloniale éditée par J.-B. Baillière et fils*, 19, *rue Hautefeuille. Paris*, 1903.

Les étudiants des cours coloniaux de nos Universités attendaient ce livre, qui fait suite aux « Cultures coloniales » de H. Jumelle, dont nous avons rendu compte dans cette *Revue*. M. H. Jacob de Cordemoy a utilisé aussi les ressources de l'Institut colonial de Marseille, qui est l'établissement précurseur de l'Enseignement colonial en France et le mieux doté au point de vue des collections.

Bien documenté, et avec statistiques des plus récentes, le livre de M. de Cordemoy se divise en deux parties : produits alimentaires et produits industriels des

colonies françaises. A notre avis, peut-être eut-il été préférable de ne pas trop restreindre le sujet aux colonies de la France : Les marchandises, et leurs débouchés, se trouvent, au point de vue économique, en conflits incessants; si l'Argentine, l'Australie et la Nouvelle-Zélande se trouvent dans des conditions possibles d'exportation des viandes, par exemple, il faut tenir compte de leur production, qui a tous les caractères d'une production coloniale extensive, pour bien comprendre la question de cette production et de ce commerce dans nos propres colonies.

L'auteur a parlé de chacun des produits en prenant pour base les origines géographiques. C'est aussi le genre de classification du Musée colonial de Marseille. Cette manière de procéder donne une grande netteté à l'exposé et le livre est facile à consulter. Nous conseillerons la lecture de cet ouvrage intéressant à tous ceux qui désirent savoir où nous en sommes en matière de production animale dans nos colonies. De cette lecture, on emporte la conviction qu'il y a, en cette matière, peu de choses faites : l'élevage et l'acclimatation des races domestiques attendent des initiatives éclairées.

L'industrie des produits de la mer et des pêcheries tropicales a été étudiée avec plus de détails que la question précédente. C'est, en effet, un élément d'avenir pour plusieurs de nos colonies. Comme le dit M. Jacob de Cordemoy, nous avons beaucoup à gagner à connaître les pêcheries étrangères. Nul doute, d'ailleurs, que l'homme ne puisse industrialiser bien davantage l'exploitation économique des océans. Ce sera le lendemain heureux du développement de nos connaissances océanographiques, encore trop rudimentaires.

EDMOND GAIN,
Directeur des Études agronomiques et coloniales à l'Université de Nancy.

4° Sciences médicales

Proust (Robert), *Prosecteur à la Faculté de Médecine.* — **Manuel de la Prostatectomie périnéale pour hypertrophie.** — 1 *vol. in-8° de* 90 *pages avec* 6 *pl. C. Naud, éditeur, Paris.* 1903.

L'hypertrophie prostatique, avec son cortège de complications, constitue une des affections les plus pénibles auxquelles l'homme puisse être en proie dans la seconde moitié de sa vie; elle est souvent pour lui la cause d'une fin prématurée. Jusqu'à ces dernières années, on n'avait guère opposé à cette maladie que des palliatifs; les tentatives faites pour débarrasser l'urèthre de l'obstacle prostatique étaient presque toujours timides et incomplètes.

Goodfellow avait, dès 1891, imaginé d'enlever la prostate par le périnée; Dittel, Alexander avaient pratiqué cette opération. D'autres chirurgiens avaient tenté d'enlever la prostate par taille hypogastrique. La prostatectomie, cependant, n'était guère en faveur dans le monde médical.

M. Robert Proust, pendant plusieurs années, profita de ses fonctions de prosecteur pour étudier minutieusement l'anatomie de la prostate et pour établir, en collaboration avec M. Gosset, un procédé opératoire. Il arriva à préciser une technique simple et sûre, permettant de mener à bien l'ablation de la prostate. Grâce à MM. Proust et Gosset, la prostatectomie est devenue en France une opération courante; c'est leur technique que suivent actuellement les chirurgiens français qui s'occupent de cette question.

Le livre qui vient de paraître contient l'exposé de cette technique et en même temps le résumé des résultats obtenus.

La première partie du livre comprend deux chapitres : un chapitre d'Anatomie chirurgicale, un chapitre d'Anatomie pathologique et de Pathogénie.

En Anatomie, M. Proust indique les notions nécessaires pour se reconnaître dans les plans du périnée et pour comprendre les conditions d'ablation de la glande; il fait justice, en passant, des craintes imaginaires qu'inspirait jusqu'ici l'extirpation de la prostate.

Le chapitre d'Anatomie pathologique élucide le rapport de cause à effet qui existe entre l'hypertrophie prostatique et la rétention urinaire. On y voit que la glande, en augmentant de volume, bridée en bas par l'aponévrose moyenne du périnée, se développe par en haut, élève le col vésical et entraîne par ce fait la production d'un bas-fond où l'urine va stagner. L'orifice vésical, plus ou moins déformé par les inégalités de la tumeur prostatique, n'ouvre plus au point déclive de la cavité vésicale, ce qui gêne considérablement l'action du muscle vésical et rend singulièrement difficile l'expulsion urinaire. D'autre part, les deux lobes latéraux de la prostate aplatissent par leur augmentation de volume le canal de l'urèthre, apportant un nouvel obstacle à l'émission de l'urine.

Élévation du col, aplatissement du canal uréthral constituent les déformations fondamentales contre lesquelles la chirurgie doit lutter. D'autres productions pathologiques, fibromes ou adénomes prostatiques, sessiles ou pédiculés, peuvent déterminer des déformations secondaires du canal uréthral ou du réservoir urinaire et devenir des causes de dysurie ou d'hématurie.

Enlever la prostate, c'est abaisser le col vésical, lui rendre sa situation première, c'est faire disparaître les saillies qui aplatissaient l'urèthre. C'est, en un mot, rendre possible la miction spontanée.

La prostatectomie semblerait donc l'opération nécessaire dans tous les cas d'hypertrophie prostatique. Ses indications sont cependant limitées, car la prostatectomie présente des inconvénients : après la prostatectomie, les malades peuvent être tourmentés pendant quelque temps, sinon par de l'incontinence, du moins par une certaine difficulté à retenir les urines; la prostatectomie supprime totalement l'érection et l'éjaculation. Cette dernière conséquence doit dicter l'abstention chez les hommes relativement jeunes.

On ne conseillera donc pas l'opération à la première période du prostatisme; à cette période, dite congestive, caractérisée par la miction fréquente nocturne, les retards de la miction, les déformations du jet, le malade vide encore sa vessie et peut s'améliorer à l'aide d'une hygiène prostatique convenablement suivie.

A la seconde période du prostatisme, à cette période des troubles mécaniques où le cathétérisme est nécessaire, l'opération est absolument indiquée : à ce moment la vessie garde encore sa vigueur; en levant l'obstacle prostatique, on préviendra l'infection vésicale et on obtiendra un rétablissement parfait de la miction.

A une période plus avancée, où les phénomènes d'infection vésicale, l'état précaire du sujet, semblent faire hésiter devant l'opération, on pourra avoir la main forcée par des hémorragies, par la difficulté du cathétérisme ou par l'infection vésicale elle-même. La prostatectomie est seule capable de tarir définitivement ces hémorragies qui surviennent à chaque tentative de cathétérisme, est seule capable d'enlever l'obstacle mécanique qui s'oppose au cathétérisme le plus habilement conduit, est seule capable d'assurer le drainage et la désinfection de ces bas-fonds vésicaux où stagne et croupit une urine putride.

Les indications de la prostatectomie sont donc formelles : M. Robert Proust, après les avoir nettement établies, décrit l'instrumentation nécessaire à l'opération, les préparatifs de l'intervention, la position à donner au malade.

La position que l'auteur préconise est une position déclive, qui place le périnée horizontal et l'étale largement par le relèvement du sacrum : c'est la *position sacro-verticale* ou *périnéale inversée.*

Le malade étant ainsi placé, l'opérateur, dans un premier temps, pratique une incision concave allant d'un ischion à l'autre, et passant à deux travers de doigt au devant de l'anus; il arrive sur le bulbe de l'urèthre, le décolle, sectionne le raphé superficiel ano-

bulbaire. Dans un deuxième temps, on isole les releveurs, on découvre le muscle recto-uréthral, que l'on sectionne exactement au bord postérieur de l'aponévrose moyenne; à ce moment, l'anus se mobilise facilement, le doigt pénètre dans un espace décollable rétro-prostatique et l'ouvre largement, mettant ainsi à nu la face antérieure du rectum, que l'on protège à l'aide d'une valve spéciale.

Le chirurgien peut alors attaquer directement l'urèthre et la prostate; il incise l'urèthre sur la ligne médiane, il décolle et mobilise la prostate. Quand la prostate, ainsi divisée, est bien mobilisable, on isole chaque lobe de la glande avec soin du canal de l'urèthre et on l'enlève soit en un seul morceau, soit par fragments; on procède de même pour le lobe du côté opposé. Cette ablation de la glande se fait sans grande difficulté et sans hémorragie inquiétante.

Le chirurgien place alors une grosse sonde en gomme, pénétrant dans la vessie et ressortant au périnée; puis, par une suture au catgut, il referme la brèche uréthrale.

L'opération se termine par quelques points de suture sur les parties superficielles et par le pansement.

Généralement, les suites opératoires ne sont marquées par aucun incident sérieux, sauf quelques ennuis touchant le fonctionnement de la sonde à demeure.

On peut compter en moyenne de trois à cinq semaines pour la restauration uréthrale, et cinq à sept semaines pour la guérison totale.

Les résultats définitifs sont excellents; on pourra s'en rendre compte par les observations que M. R. Proust relate à la fin de son livre, où des dessins reproduisent exactement les prostates hypertrophiques enlevées par l'opération. Ces résultats s'améliorent, du reste, avec le temps. Tous les médecins qui ont pu suivre des malades opérés de prostatectomie ont été frappés de voir avec quelle facilité se rétablit l'urination normale après une intervention en apparence aussi mutilatrice.

Préconiser, décrire une opération semblable, l'illustrer par des dessins parfaitement clairs, c'est faire œuvre utile; M. Proust mérite les plus grands éloges pour la part qu'il a prise dans l'établissement de la technique et dans la vulgarisation des avantages de la prostatectomie.

Dr P. Desfosses.

5° Sciences diverses

Ghio (Paul). — **Notes sur l'Italie contemporaine.** — 1 *vol. in-18 jésus de* 223 *pages.* (*Prix* : 3 *francs.*) *Armand Colin, éditeur. Paris,* 1903.

Ce livre, résumé d'un cours professé au Collège libre des Sciences sociales, donne, sous une forme claire et attachante, l'état actuel de l'Italie aux différents points de vue économique, social et politique. C'est un sujet qui se recommande de lui-même à l'attention du public français, depuis le récent rapprochement entre les deux nations.

Dans l'Introduction, M. Ghio examine « les caractères généraux de la vie italienne » dans le passé et le présent. Pour le présent, il fait ressortir qu'il existe en Italie « plusieurs peuples différents », entre lesquels la fusion complète n'est accomplie « ni au point de vue intellectuel, ni au point de vue social et économique » (p. 19), le Nord ayant en quelque sorte imposé sa civilisation au Midi.

Les chapitres IV et V étudient l'état social et politique. Le premier, surtout, est intéressant par les détails nouveaux qu'il donne sur les syndicats et coopérations ouvrières, et sur l'affirmation en 1901, dans l'Italie du Nord, d'un grand mouvement syndical agraire; on aime à sentir, derrière l'exposé des faits, et à voir s'affirmer, d'une façon parfois émue, les convictions de socialisme pratique et gouvernemental, qui sont celles de M. Ghio.

Au point de vue politique, on comprend bien quels genres de services le ministère de M. Zanardelli a rendus à l'Italie. Mais on se demande pourquoi l'auteur n'a pas cru devoir s'affranchir de toutes les idées vagues dont il a fait lui-même le procès à propos du mouvement social. Voici, entre autres, une phrase qui ne résiste pas à être confrontée avec la réalité : « Déjà l'ouvrier et le savant ont franchi les barrières qui séparent les peuples, et chez eux les conceptions étroites de l'idée de patrie ont cédé la place aux idées universelles des grands intérêts économiques et des conquêtes lumineuses de la Science » (p. 195).

Ici, nous devons surtout attirer l'attention sur les chapitres I, II, III : « l'essor économique » et « l'Italie agricole ».

Le chapitre I est un tableau d'ensemble de la richesse de l'Italie, d'après des ouvrages italiens récents, et selon les chiffres officiels fournis par l' « Annuario Statistico ». L'auteur met en lumière les progrès réalisés dans les industries du coton et de la soie, dans l'exploitation des soufres, dans le commerce (3 milliards 300 millions de lires). Il s'en rapporte aux données ministérielles pour affirmer que le budget de l'Etat a réalisé depuis 1897-98 des excédents croissants (p. 35). Il compte avec raison, pour le développement économique, sur l'énorme réserve de forces hydrauliques dont dispose la Lombardie, et sur la main-d'œuvre disponible dans une population de 32.450.000 habitants (l'accroissement annuel moyen a été de 399.000 habitants entre 1891 et 1901; à cette dernière date, l'émigration n'a atteint que le chiffre de 325.600 individus, dont moins de 50 °/₀ sont partis pour toujours). Il y a toutefois plus que de l'optimisme à écrire que « l'Italie, où les forces hydrauliques abondent, est en mesure de devancer bientôt les autres nations, grâce à cette source inépuisable de richesse économique » (p. 28).

Je note aussi quelques affirmations légères, comme celle-ci : « Il faut aller jusque sur les bords du Gange pour trouver des agglomérations urbaines semblables à celles de la Lombardie » (p. 28).

Les chapitres III et IV constituent un exposé intéressant, et vraiment neuf pour des Français, de la situation agricole et de la propriété rurale. M. Ghio localise d'abord, en indiquant leur importance relative, les diverses productions : bétail, froment, vin, maïs, légumes et châtaignes. Il a foi, avec raison, semble-t-il, en l'avenir agricole du pays; mais on voudrait qu'il eût évité, comme vague et très contestable, l'assertion que « la terre de France est certainement moins fertile que celle d'Italie » (p. 53).

Puis, c'est une revue à la fois large et précise, colorée même, des divers états de la propriété dans la péninsule : régime des grands domaines bien cultivés par main-d'œuvre salariée (Mantouan); petits domaines de la Lombardie et du Piémont septentrionaux (58 °/₀ ont moins de 1 hectare), avec leurs syndicats, leurs banques, leurs comices et leurs « professeurs ambulants de culture »; petites propriétés (de 12 hectares en moyenne) et métayage, dans la Toscane centrale, « région privilégiée de l'Italie » (p. 69); « latifundia » des Provinces méridionales, qui comptent la presque totalité des terres incultes du pays, beaucoup très malsaines, et où le paysan véritable n'existe que dans les Pouilles, dans l'Est et dans le Nord de la Sicile; petits domaines morcelés de Sardaigne qui présentent les tenures féodales d'avant 1848, et font peu à peu retour à l'Etat pour non-solvabilité des possesseurs. La conclusion est sur la nécessité d'un crédit agricole général, qui serait organisé d'après le projet de M. Maggiorino Ferraris, modifié.

J. Machat,
Agrégé d'Histoire et de Géographie,
Professeur au Lycée de Bourges.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 28 Septembre 1903.

1° Sciences physiques. — M. **E. Baud** a obtenu, dans l'attaque de la bauxite par l'acide sulfurique ou en chauffant une solution de sulfate d'aluminium hydraté avec H^2SO^4 à 75 %, un dépôt cristallin qui est constitué par une combinaison de sulfate d'alumine avec l'acide sulfurique, de formule Al^2O^3, 4 SO^3, 4 H^2O. — M. **P. Genvresse** a préparé, par l'action du peroxyde d'azote ou des vapeurs nitreuses sur la pulégone, le nitrosite de pulégone, $C^{10}H^{16}O.Az^2O^3$, aiguilles soyeuses incolores fondant à 68°-69°. — M. **E. Pozzi-Escot** communique de nouvelles expériences desquelles il résulterait que la production d'H^2S en abondance par les extraits d'organes et l'extrait de levure est bien due à un phénomène de nature diastatique.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Chatin**, par ses études sur les myélocytes du bulbe olfactif, montre l'intime parenté de ces éléments avec les cellules nerveuses; le bulbe formerait une sorte de relais nerveux disposé sur le trajet de l'impression olfactive et analogue au relais rétinien. — MM. **M. Caullery** et **M. Siedlecki** ont observé une phagocytose totale des éléments sexuels différenciés restant dans les glandes génitales après la période de ponte chez l'*Echinocardium cordatum*. — M. **M. Laurent** décrit la formation de l'œuf et d'un tissu antipodial particulier qui laisse son empreinte dans la graine mûre chez les Joncées. — M. **A. Jurie** a observé une grande variabilité de certains caractères morphologiques de la feuille de la vigne sous l'influence du greffage. — M. **W. Kilian** a étudié les relations de structure des Alpes françaises avec les Alpes suisses. Les Alpes françaises ne possèdent plus que des témoins isolés de l'ancien manteau de nappes charriées (plis couchés) qui les recouvrait; mais il semble bien, d'après certains indices, que ce manteau n'y possédait ni la complexité, ni l'importance qu'il atteignait dans les Alpes suisses et surtout à l'est du Rhin.

Séance du 5 Octobre 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **Al. Chessin** généralise les résultats qu'il a obtenus dans une Note précédente sur une classe d'équations différentielles réductibles à l'équation de Bessel.

2° Sciences physiques. — M. **J. Perrin** montre dans l'osmose électrique un moyen facile d'étudier la charge de contact entre un solide quelconque et un liquide. Cette charge est, en moyenne, beaucoup plus grande quand le corps est un bon ionisant, tel que l'eau. Elle est due à des ions présents dans le liquide. — M. **P. Lemoult** a calculé, en se basant sur la théorie additive, les chaleurs de combustion d'un certain nombre de composés organiques : alcools, phénols, éthers-oxydes, aldéhydes et cétones. Elles concordent sensiblement avec les valeurs observées. — M. **P. Carré** a reconnu que l'acide phosphoreux est éthérifié très rapidement par la mannite pour donner l'éther $P^2(OH)^4O^2(CH^2)^2(CHOH)^4$. L'éthérification passe ensuite par un minimum pour remonter très lentement et fournit finalement un éther phosphoreux du mannide $P(OH)^2O.C^6H^9O^3$. Ces éthers sont monoacides à l'hélianthine et à la phtaléine, peu stables en solution aqueuse. — M. **R. Marquis** a préparé le nitropyromucate de méthyle, F.78°,5, et l'amide nitropyromucique, F.161°. L'acide nitropyromucique donne par oxydation de l'acide fumarique. — M. **P. Freundler**, en réduisant par la poudre de Zn l'éther-oxyde *o*-nitrobenzylméthylique, a obtenu l'éther-oxyde *o*-aminobenzylméthylique, l'éther-oxyde o-azobenzylméthylique et la benzylène-imine. Le second de ces corps peut perdre une molécule d'alcool méthylique et se transformer en éther indazyl-benzylique à 150°-200° dans le vide.

3° Sciences naturelles. — M. **G.-A. Boulanger** montre que l'*Oreosoma atlanticus* est l'état jeune d'un poisson acanthoptérygien dont l'adulte a été découvert récemment au sud du Cap de Bonne-Espérance; il paraît appartenir au genre *Cyttus*, de la famille des Zéidés. — M. **M. Siedlecki** a constaté que les sels de potassium sont très toxiques pour les Épinoches; les sels de sodium n'agissent qu'en solutions relativement très concentrées. L'action des sels de potassium est atténuée et peut être neutralisée par celle des sels de calcium. — M. **G. Bonnier** a observé que le contact de l'eau exerce une action sur les racines aériennes de beaucoup d'Orchidées, soit en empêchant la sclérification ou la lignification des tissus du cylindre central, soit, ce qui est plus remarquable, en provoquant un tissu de réaction dans le péricycle, capable de protéger le reste du cylindre central contre l'influence de l'eau. — M. **P.-A. Dangeard** a reconnu que, dès les premières dichotomies du filament générateur de l'*Ascodesmis*, la branche qui fournira les anthéridies se différencie de celle qui donnera naissance aux ascogones. — M. **Ed. Griffon** a observé que la transpiration des feuilles est plus faible quand elles sont éclairées par la face supérieure que lorsqu'elles le sont par la face inférieure. Le tissu palissadique tend donc à réduire la respiration des feuilles. — M. **M. Laurent** a étudié le développement embryonnaire des Joncées; dans la graine encore attachée au placenta et à peine mûre, l'embryon est au moins différencié en une radicelle avec ses trois initiales bien apparentes et un cotylédon beaucoup plus développé. — M. **A. Lacroix** a examiné les granites alcalins du nord-ouest de Madagascar; ils sont caractérisés par la grande abondance d'un pyroxène et d'une amphibole ferro-sodiques, l'aegyrine et la riebeckite. Ces granites traversent et métamorphisent les assises gréseuses du lias. — M. **W. Kilian** montre que les nappes de charriage des Alpes delphino-provençales ne sont qu'une simple forme du plissement de l'écorce terrestre, dont elles constituent un terme extrême. Elles ne peuvent être considérées comme antérieures au plissement principal.

Séance du 12 Octobre 1903.

M. le Secrétaire perpétuel annonce la mort de M. **R. Lipschitz**, Correspondant pour la Section de Géométrie.

1° Sciences mathématiques. — M. **Em. Picard** montre comment on peut lever les difficultés qui se présentent dans l'évaluation précise du nombre β_0 des intégrales doubles distinctes de seconde espèce relatives à une surface algébrique $f(x, y, z) = 0$. — M. **G. Mittag-Leffler** étudie les propriétés de la nouvelle fonction $E_\alpha(x)$, où $0 < \alpha < 2$, qu'il a récemment introduite en Mathématiques. — M. **Alf. Guldberg** présente ses recherches sur les équations linéaires aux différences finies.

2° Sciences physiques. — M. **A. Turpain** a étudié les particularités que présente le fonctionnement de plusieurs cohéreurs réunis à une même antenne. Si un cohéreur est en circuit fermé, la sensibilité est bien plus grande que s'il est en circuit ouvert. — M. **Jean Perrin** propose une théorie des solutions colloïdales basée sur ses recherches relatives à l'électricité de contact. La tension superficielle et la cohésion favorisent l'accroissement des granules qui forment ces

solutions; mais l'électrisation de ces granules est une cause interne de dislocation, et l'on conçoit qu'il existe un diamètre pour lequel ces deux influences opposées s'équilibrent. — **M. H. Moissan** a reconnu que la température d'inflammation du soufre est de 282° dans l'oxygène et de 363° dans l'air à la pression atmosphérique. La combustion ou la combinaison lente du soufre avec l'oxygène se produit bien avant la température d'inflammation; ainsi, à 100°, cette combinaison est manifeste après douze heures; elle donne une quantité d'acide sulfureux que l'on peut, par refroidissement à — 186°, amener à l'état solide et caractériser. — **M. A. Barillé** a constaté que les phosphates tribasiques de K, Na, AzH^4, Ca, Ba et Mg se combinent avec CO^2 sous pression, en présence de l'eau, pour donner naissance à un phosphate bibasique et au bicarbonate correspondant. Il se forme dans la solution un composé intermédiaire peu stable, qui est un carbonophosphate tribasique $(PO^4M'^2H)^2 2CO^2.2(CO^3HM')$. — **MM. G. Urbain** et **H. Lacombe** ont préparé une classe nouvelle de nitrates de bismuth, de formule générale $3M''(AzO^3)^2.2Bi(AzO^3)^3.24H^2O$, dans laquelle $M'' =$ Mn, Co, Ni, Zn, Mg. Ces nitrates sont isomorphes aux nitrates doubles des terres rares et du magnésium. — **M. E. Campagne** décrit une nouvelle méthode de dosage du vanadium dans les produits métallurgiques. L'oxyde V^2O^5 est réduit en oxychlorure $VOCl^2$ par ébullition prolongée avec HCl; celui-ci est transformé en sulfate $V^2O^2(SO^4)^2$, qui est titré par le permanganate. — **M. H. Duval** a préparé divers éthers nitriques d'acides-alcools par nitration directe à froid. Le nitrate d'acide glycolique, $CH^2OAzO^2.CO^2H$, fond à 54°,5. — **MM. M. Tiffeneau** et **R. Delange**, en faisant réagir le trioxyméthylène sur le chlorure de benzylmagnésium, ont obtenu, comme M. Grignard, un alcool cristallisé, F.35°, Eb.219°, qui est l'alcool orthotoluylique et non l'alcool phényléthylique qu'on prévoyait. — **M. C. Béis**, en faisant réagir les amides $R.COAzH^2$ sur les composés organo-magnésiens MgR'X et traitant ultérieurement par l'eau, a obtenu les cétones R.CO.R'. — **M. N. Gréhant** décrit un procédé de dosage de l'urée dans le sang et les tissus. Chez les Mammifères, il y a autant d'urée dans le sang que dans les muscles; le sang et les muscles de l'oiseau ne contiennent pas d'urée.

3° Sciences naturelles. — **M. G. Bohn** a remarqué que les *Convoluta*, dans les aquariums comme dans la Nature, montent et descendent à l'intérieur du sable et le long des pentes sableuses; ces mouvements sont oscillatoires; ils ont pour but de les protéger soit de l'entraînement par les vagues, soit de la dessiccation. — **M. J. Eriksson** décrit les principales phases du développement de la rouille jaune des céréales : mycoplasma, protomycélium, mycélium et pseudoparenchyme, hyménium. — **M. Pinoy** a constaté que les spores de *Dictyostelium mucoroïdes* ensemencées seules ne germent jamais; elles ne se développent qu'à partir du moment où on leur adjoint une espèce bactérienne convenable (bacilles fluorescents). — **M. A. Lacroix** a étudié une nouvelle espèce minérale trouvée au sud de Madagascar et dénommée *grandidiérite*: sa formule est $7SiO^2.11(Al, Fe)^2O^3.7(Mg, Fe, Ca)O, 2(Na, K, H)^2O$. C'est donc un silicate très basique; il présente un pléochroïsme intense. — **M. R. Fourtau** a étudié le Turonien d'Abou-Roach (Egypte); il y distingue trois zones, dont l'inférieure appartient vraisemblablement au Ligérien et la supérieure à l'Angoumien. — **M. A. Gaudry** annonce que M. Obalski, chargé de mission dans l'Alaska, y a trouvé de grandes quantités d'ossements de Mammifères quaternaires.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Octobre 1903.

M. le Président annonce le décès de **M. E. Nocard** et de **M. Th. Roussel**, membres de l'Académie.

M. Kermorgant présente un Rapport sur l'organisation et le fonctionnement de l'Assistance médicale indigène à Madagascar pendant l'année 1902. Il a été dépensé plus d'un million de francs et les résultats ont été excellents; les plus palpables se sont manifestés par une augmentation très sensible de la natalité et la disparition à peu près complète de la variole dans les provinces du Plateau central. Par contre, on constate sur ce même plateau une augmentation de la mortalité occasionnée par des épidémies très sévères de grippe et de paludisme; mais, malgré ces circonstances tout à fait fortuites, il n'en est pas moins certain que la situation démographique ne peut que s'améliorer. — **M. Ch. Fernet** montre que la tuberculose peut se manifester quelquefois par des séries morbides parallèles à celle du rhumatisme aigu ou chronique, mais il pense qu'il faut les en distinguer à tout prix et ne pas créer le terme impropre de rhumatisme tuberculeux. — **M. Darier** lit un Mémoire sur l'action comparée des rayons de Röntgen et des rayons de Becquerel en thérapeutique oculaire.

Séance du 13 Octobre 1903.

M. H. de Rothschild lit un Mémoire sur l'emploi du lait écrémé acide dans le traitement de la gastro-entérite. — **M. Hamonic** donne lecture d'un travail sur la syphilisation du singe.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences physiques.

R. J. Strutt : Sur les rayons très pénétrants du radium. — Le radium émet trois sortes de radiations: 1° Les rayons α, très absorbables, portant une charge électrique positive; 2° les rayons β, plus pénétrants et chargés négativement; 3° les rayons γ, très pénétrants et ne transportant pas de charge électrique. L'auteur a déterminé l'ionisation relative de divers gaz par les rayons γ et l'a comparée à celle que produisent les rayons α et β et les rayons Röntgen.

Le tableau I donne le résultat de ces expériences :

Tableau I. — ***Ionisations relatives des divers gaz.***

GAZ	DENSITÉ relative	IONISATION RELATIVE			
		Rayons α	Rayons β	Rayons γ	Rayons Röntgen
H	0,0693	0,226	0,157	0,169	0,114
Air	1,00	1,00	1,00	1,00	1.00
O	1,11	1,16	1,21	1,17	1.39
CO^2	1,53	1,54	1,57	1,53	1,69
$(CAz)^2$	1,86	1,94	1,86	1,71	1.05
SO^2	2,19	2,04	2,31	2,13	7,97
$CHCl^3$	4,32	4,44	4,89	4,88	31.9
CH^3I	5,05	3.51	5.18	4,80	72.0
CCl^4	5,31	5,34	5,83	5,67	45,3

L'auteur admet que, dans la limite des erreurs expérimentales, les rayons γ donnent les mêmes valeurs que les rayons β; ces valeurs sont à peu près proportionnelles à la densité du gaz, excepté pour l'hydrogène. Pour les rayons Röntgen, la loi est toute différente. On considère généralement que les rayons γ sont des rayons de Röntgen produits par l'impact des rayons β sur le radium lui-même. Le présent travail vient à l'encontre de cette hypothèse. Les rayons γ seraient plutôt de nature corpusculaire, quoique sans charge électrique, ce qui explique l'absence de déviation magnétique.

H. A. Miers : Etude sur les variations d'angles observées sur les cristaux, spécialement ceux d'alun de potassium et ceux d'alun d'ammonium. — L'auteur a cherché à noter les variations d'angles sur

un seul et même cristal en voie de croissance en le mesurant à intervalles réguliers sans le déplacer de la solution où il se forme. Il y arrive en tenant le cristal par une tige de platine, qu'il entoure en se développant, et en l'observant au moyen d'un nouveau goniomètre-télescope.

Examiné de cette façon, un octaèdre d'alun donne de chaque face trois images, qui changent continuellement de position pendant la croissance; ces images se meuvent dans trois directions inclinées de 120° l'une sur l'autre, ce qui montre qu'elles appartiennent à un triakisoctaèdre. Le point où les lignes de mouvement coupent le champ du télescope est la position de l'image réfléchie par l'octaèdre vrai; cet angle, mesuré sur l'alun, est égal à l'angle théorique 70°31'3/4. Les images ne se meuvent pas d'une façon continue, mais par sauts. Le chlorate de Na, les sulfates de Mg et de Zn, et d'autres substances présentent le même phénomène. Les faces d'un cristal ne sont généralement pas des faces à indice simple, mais des plans voisins inclinés sur ces faces.

Dans chaque cas, le liquide en contact avec le cristal en voie de croissance est légèrement sursaturé; la densité a été déterminée au moyen des indices de réfraction.

W. Ramsden : Séparation de solides dans les couches superficielles des solutions et des émulsions. — L'auteur met en lumière un fait très général et resté inaperçu jusqu'ici : c'est que, sans intervention de l'évaporation, des couches solides ou extrêmement visqueuses se forment spontanément, avec une plus ou moins grande rapidité, à la surface libre de toutes les solutions de protéides. Par des moyens purement mécaniques, ces couches de surface peuvent être accumulées, en formant des masses solides visibles de protéides, coagulées et rendues insolubles, d'une façon permanente, dans la liqueur-mère.

Des couches similaires de matière solide ou très visqueuse se forment sur les surfaces libres d'un grand nombre de solutions colloïdes non protéiques, de suspensions fines et grossières et de solutions cristalloïdes, et elles se produisent également aux surfaces de séparation de deux liquides qui, sans être très visqueux, sont capables de former des émulsions persistantes.

L'explication de cette désolution spontanée d'une matière primitivement dissoute doit être cherchée dans le fait que la substance qui s'accumule possède la propriété d'abaisser la tension superficielle et, par conséquent, l'énergie de la surface libre de l'eau.

Sir W. Ramsay : Essai de détermination des quantités relatives de krypton et de xénon dans l'air atmosphérique. — Le résultat des expériences de l'auteur est le suivant : Il y a en poids une partie de krypton dans 7.000.000 de parties d'air, et en volume 1 de krypton pour 20.000.000 d'air. Il y a, en poids, 1 partie de xénon dans 40.000.000 de parties d'air, et en volume 1 de xénon pour 170.000.000 d'air. Le poids atomique du krypton est de 81,62 et celui du xénon de 40,81.

J. Dewar et H. O. Jones : Quelques propriétés physiques du nickel-carbonyle. — La substance remarquable découverte par Mond devait naturellement provoquer les recherches des expérimentateurs. MM. Dewar et Jones se sont appliqués à l'étude de ses propriétés physiques.

La densité de vapeur du nickel-carbonyle a déjà été déterminée par Mond, Langer et Quincke dans l'air, à 50°, par la méthode de V. Meyer; elle est presque normale. En élevant légèrement la température, Mond observa vers 60° une violente explosion, due à une décomposition exprimée par l'équation $Ni(CO)^4 = Ni + 2CO^2 + 2C$, et il abondonna les recherches. MM. Dewar et Jones ont reconnu qu'en chauffant le nickel-carbonyle dans un gaz inerte (H, Az), la vapeur se décompose graduellement avec dépôt de Ni métallique; ils sont parvenus ainsi à mesurer sa densité entre 63° et 216°C. Elle varie de 83,3 dans l'azote à 63° à 21,3 dans l'oxyde de carbone à 216°, chiffres correspondant respectivement à une dissociation de 0,7 et 99,7 °/₀. La dissociation est moins rapide dans l'oxyde de carbone que dans les autres gaz.

Par des expériences sur le nickel-carbonyle liquide chauffé sous pression en tubes scellés, on a reconnu que sa température critique est d'environ 200°. Le point d'ébullition est d'environ 43°,2 — 43°,3 à la pression ordinaire; à la température critique, la pression est de 30,4 atmosphères. Les auteurs ont construit une courbe des tensions de vapeur à diverses températures. La densité critique est d'environ 0,46, et la chaleur latente de vaporisation de 38,1 calories par gramme.

Les expériences montrent que le nickel-carbonyle est une substance qui se prête admirablement à la démonstration des phénomènes de dissociation.

C.-T. Heycock et F.-H. Neville : Sur la constitution de séries d'alliages de cuivre et d'étain. — Ce Mémoire est destiné à combler une très sérieuse lacune dans l'étude des alliages. En règle générale, un alliage devient intéressant lorsque la température de l'alliage liquide est tombée au point de solidification. Ce point, qui indique le moment où le solide apparaît pour la première fois dans le liquide, est facilement observable, à cause du dégagement de chaleur latente qui se produit par suite de la formation du solide, et, si les points de solidification de tous les alliages d'une série sont déterminés, on peut dessiner la courbe du point de solidification. Beaucoup de courbes de cette nature ont été tracées pendant ces dix dernières années. La ligne supérieure du diagramme de la figure 1 représente la courbe des alliages de cuivre et d'étain. La courbe consiste en plusieurs branches, se coupant en des points angulaires. Ce que ces courbes enregistrent sans ambiguïté, c'est le nombre des solides différents qui peuvent cristalliser d'un alliage liquide, car chaque branche correspond à la cristallisation d'une substance différente.

Mais c'est presque tout ce que les courbes nous apprennent avec certitude. Elles ne nous disent pas si les solides formés sont des métaux purs, ou des composés purs, ou des solutions solides cristallines des métaux. Il est nécessaire de faire d'autres expériences pour trancher de telles questions.

L'autre grande branche d'étude des alliages consiste dans l'examen microscopique des alliages solides après qu'ils ont été refroidis à la température ordinaire, c'est-à-dire après qu'ils ont, en général, cessé de subir des changements. Entre ces deux séries d'expériences, il y a un énorme intervalle de température, environ 1.000 ou 500°, et c'est dans cet intervalle de température que se déroule toute l'histoire biologique de l'alliage, considéré comme un organisme. Les seules expériences fructueuses que l'on connaisse se rapportant à cette région intermédiaire sont les courbes de refroidissement de Roberts-Austen et Stansfield. Ces savants ont tracé automatiquement l'ensemble du refroidissement des bronzes, et ils ont obtenu quelques résultats remarquables. Ils ont trouvé que le dégagement de chaleur au point de solidification est souvent suivi, à des températures beaucoup plus basses, par d'autres dégagements de chaleur, et que beaucoup de ces derniers doivent se produire après la solidification totale de l'alliage. Ces changements thermiques indiquent des changements chimiques ou physiques importants, quoi qu'ils ne nous renseignent pas sur ces derniers.

Les auteurs pensent, et c'est l'objet de ce Mémoire, que l'on pourrait simplifier le phénomène par un refroidissement systématique des lingots à des températures définies.

A cet effet, on place un certain nombre de petits

lingots du même alliage dans des tubes séparés, dans un même bain, avec un pyromètre enregistreur; la température est élevée au-dessus du point de solidification de l'alliage, et le tout laissé à refroidir très lentement, ce lent refroidissement étant une condition essentielle de l'expérience. On retire alors les lingots à des températures déterminées, et on les fait solidifier rapidement par immersion dans l'eau. L'examen microscopique de ces lingots solidifiés montre qu'il est très facile de distinguer les grands cristaux qui se sont formés pendant le lent refroidissement, précédant la solidification, de la substance qui est encore liquide lorsqu'on retire le lingot du four.

Les solidifications successives d'un alliage montrent que la partie solide s'accroît à mesure que la température s'abaisse, et montrent finalement le lingot complètement solidifié.

Les auteurs ont ainsi obtenu, avec une assez grande pur, et chaque partie horizontale correspond au cas de l'alliage solide, composé de deux substances, à des températures immédiatement inférieures. L'examen des lingots solidifiés brusquement vérifie entièrement ces données.

Les dégagements de chaleur observés par Roberts-Austen et Stansfield à des températures correspondant aux points C, D, G et H sont dus à des transformations chimiques définies, dans lesquelles un solide est décomposé et un autre formé.

Les transformations en C, D et spécialement en H sont très lentes et ne se complètent que si l'on maintient la température constante pendant des heures et des jours à un point légèrement inférieur à la température de la transformation; mais tous ces changements peuvent être rendus conformes à la théorie au bout d'un temps suffisant. Le changement à la température G est la rupture d'une solution solide dans un

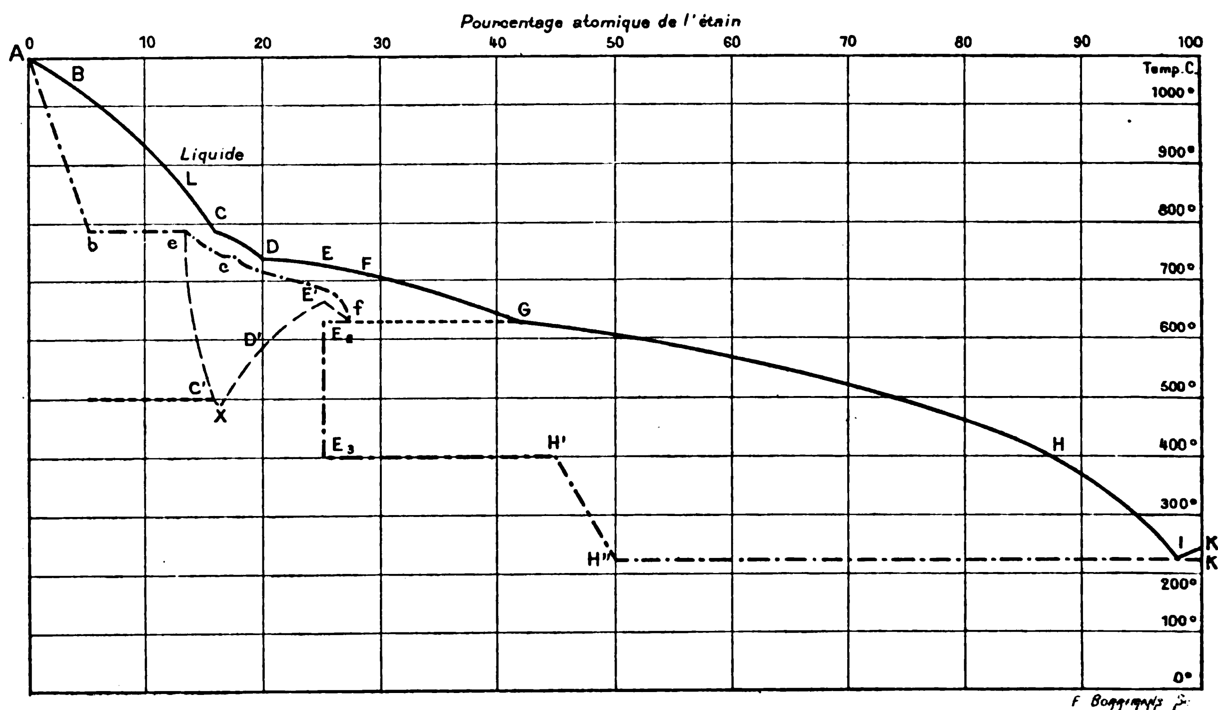


Fig. 1. — *Courbes de solidification des alliages de cuivre et d'étain.*

précision, la température de la solidification complète de l'alliage, et, en appliquant la méthode aux alliages contenant différents pourcentages d'étain, ils ont tracé une nouvelle courbe, le *solidus* ou courbe de solidification complète. Le solidus des bronzes est représenté par la seconde ligne du diagramme. C'est une ligne remarquable, formée de branches obliques, horizontales et verticales. Comme dans la courbe du point de solidification, chaque branche correspond à la cristallisation d'un solide différent.

Dans la notation du Professeur Roozeboom, la courbe supérieure A B C... I est appelée le *liquidus*, parce que tout alliage entièrement liquide est placé au-dessus; le *solidus*, A *b e c f* E² E³ H' H'' I, est ainsi désigné parce que tout alliage entièrement solide est situé au-dessous. Le solidus des bronzes est remarquable par l'intervalle très étroit de température dans lequel quelques alliages passent de l'état liquide à l'état solide.

D'après la théorie de Roozeboom, chaque branche oblique du solidus, et il y en a quatre dans le diagramme, correspond à la cristallisation d'une série différente de solutions solides provenant du liquide, chaque partie verticale à la cristallisation d'un corps mélange du composé Cu^3Sn et d'un liquide; il est instantané; ici, on se trouve en présence d'un solide fondant partiellement lorsqu'il se refroidit.

La courbe *e*XE'*f* forme, avec la partie du solidus placée immédiatement au-dessus d'elle, une surface, grossièrement triangulaire, dans laquelle tous les alliages paraissent être des solutions solides uniformes; mais aussitôt qu'un alliage se refroidit à la courbe, il devient saturé, et un nouveau corps cristallise de la solution solide.

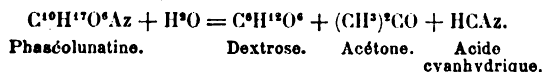
Une branche de la courbe *e*XE'*f* correspond à la cristallisation d'un corps riche en cuivre, l'autre à la cristallisation d'un corps riche en étain, qui est probablement le composé pur Cu^4Sn. L'angle X (ou plutôt C') est l'angle eutecique auquel les deux corps cristallisent ensemble, l'ensemble du phénomène étant exactement semblable à la cristallisation provenant d'un liquide.

Tous les résultats obtenus d'après l'étude des alliages solidifiés sont en harmonie avec le travail pyrométrique de Roberts-Austen et Stansfield, et la plupart des changements examinés correspondent à un dégagement de chaleur enregistré par eux.

W. R. Dunstan et **T. A. Henry : La cyanogénèse dans les plantes. III. La Phaséolunatine, glucoside cyanogénétique du *Phaseolus lunatus*.** — Le *Phaseolus lunatus* est une plante annuelle, probablement indigène, du sud de l'Amérique, mais qui est maintenant cultivée d'une façon générale sous les tropiques, à cause de sa fève presque blanche, comestible, connue souvent sous le nom de fève de « Lima » ou fève « Duffin ». A Maurice, cette plante est cultivée incomplètement pour servir d'engrais vert, et, dans ces conditions, elle fournit des fèves qui diffèrent de celles qu'on obtient par une culture complète en ce que les graines possèdent un tégument brun ou violet et sont plus ou moins vénéneuses. M. Bonamé a montré que les propriétés vénéneuses de ces fèves sont dues à la production de l'acide cyanhydrique qui se forme lorsque les fèves broyées sont humectées avec de l'eau. Plus tard, van Romburgh a vérifié cette observation et a montré qu'il se forme simultanément de l'acétone.

Comme suite à leurs recherches sur la production de l'acide prussique dans les plantes, les auteurs ont étudié plus à fond ce sujet.

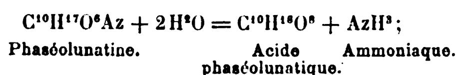
Ils ont trouvé que les graines du *Phaseolus lunatus*, recueillies à Maurice grâce à l'amabilité de M. Bonamé, contiennent un glucoside cyanogénétique qui a été désigné sous le nom de *phaséolunatine*. Ce glucoside cristallise sous forme d'aiguilles incolores; il est rapidement soluble dans l'eau, et est lévogyre en solution. Sa composition est exprimée par la formule $C^{10}H^{17}O^6Az$. Lorsqu'on l'hydrolyse par l'émulsine ou par ébullition avec des acides dilués, il se convertit en acétone, en dextrose et en acide cyanhydrique d'après l'équation suivante :



$$C^{10}H^{17}O^6Az + H^2O = C^6H^{12}O^6 + (CH^3)^2CO + HCAz.$$

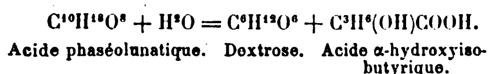
Phaséolunatine. Dextrose. Acétone. Acide cyanhydrique.

Losrqu'on chauffe la phaséolunatine avec des alcalis, elle se convertit par hydrolyse en acide phaséolunatique, et cet acide, par l'action ultérieure d'acides dilués, est décomposé en dextrose et en acide α-hydroxyisobutyrique. Ces deux réactions sont représentées par les équations suivantes :



$$C^{10}H^{17}O^6Az + 2H^2O = C^{10}H^{18}O^8 + AzH^3;$$

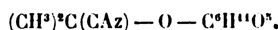
Phaséolunatine. Acide phaséolunatique. Ammoniaque.



$$C^{10}H^{18}O^8 + H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^3H^6(OH)COOH.$$

Acide phaséolunatique. Dextrose. Acide α-hydroxyisobutyrique.

Ces observations prouvent que la phaséolunatine est l'éther du dextrose et de l'acétone-cyanhydrine, et que sa constitution est représentée par la formule :



$$(CH^3)^2C(CAz) - O - C^6H^{11}O^5.$$

La phaséolunatine est, par conséquent, le premier membre d'une nouvelle classe de glucosides cyanogénétiques naturels puisqu'elle contient un noyau aliphatique, les autres glucosides cyanogénétiques connus, l'amygdaline, la dhurrine et la lotusine, étant des composés aromatiques.

L'enzyme présent dans les graines du *Phaseolus lunatus* a été examiné et trouvé identique dans ses propriétés et dans les effets qu'il produit avec l'émulsine des amandes.

Des échantillons de fèves dites de « Rangoon » ou de « Paigya », dérivées du *Phaseolus lunatus*, qui poussent dans l'Inde et qui ont été importées en Angleterre pour servir de nourriture au bétail, ont été aussi examinées; on a découvert qu'elles contenaient une petite quantité de phaséolunatine. La quantité d'acide cyanhydrique qui peut être produite par les graines du *Phaseolus lunatus* varie de 0,041 °/₀, dans le cas de fèves couleur marron clair, à 0,088 °/₀, dans le cas de fèves de couleur brune ou violette. Les spécimens de fèves de « Rangoon » examinés fournissent une moyenne d'environ 0,004 °/₀ de cet acide.

Les auteurs attirent l'attention sur le fait que, lorsque la plante est cultivée, elle fournit des fèves d'une couleur claire ou blanche qui sont incapables de produire de l'acide prussique et ne contiennent pas de phaséolunatine, quoique l'enzyme émulsine soit toujours présent.

A cet égard, les graines du *Phaseolus lunatus* ressemblent à celles produites par les deux variétés d'amandes (*Prunus Amygdalus*). L'amande amère contient à la fois le glucoside cyanogénétique, l'amygdaline, et l'enzyme émulsine, tandis que l'amande douce ne contient que l'émulsine.

Treub a suggéré l'idée que, dans le cas du *Pangium edule*, le précurseur inconnu jusqu'à présent de l'acide prussique dans cette plante peut jouer le rôle d'une substance mère dans la synthèse des amides et des protéides. C'est aussi probablement le cas pour les glucosides cyanogénétiques que les auteurs ont isolés du *Lotus arabicus*, du *Sorghum vulgare* et du *Phaseolus lunatus*.

L'absence de phaséolunatine dans les graines du *Phaseolus lunatus* cultivé, et l'absence d'amygdaline dans celles des amandes douces, que l'on a des raisons de considérer comme la variété cultivée du *Prunus amygdalus*, peut être le résultat d'un métabolisme plus actif, produit par l'amélioration de nutrition et de milieu, qui conduit à l'utilisation plus rapide des glucosides par la plante cultivée, de sorte que ces substances ne peuvent être emmagasinées comme matériaux de réserve dans les graines.

2° Sciences naturelles.

F. Darwin : La théorie statolithique du géotropisme. — Quand un organe géotropique subit un changement de position, il y répond par une courbure appropriée et il reprend ultérieurement la verticale. Quelle est la source du stimulus, auquel cette courbure n'est qu'une réponse? Némec et Haberlandt ont supposé que le stimulus est dû à la présence de corps de plus grande densité que la sève cellulaire, qui, par suite de leur poids, tombent dans les régions inférieures de la cellule; ces corps sont des grains mobiles d'amidon qu'on a nommés *statolithes*. Quand un organe passe de la position verticale normale à la position horizontale, les statolithes quittent les parois basales des cellules pour se répandre sur les parois latérales et produisent par leur pression un stimulus.

M. Darwin a cherché à vérifier la valeur de cette théorie par les expériences suivantes : Si la sensibilité gravitationnelle est une forme d'irritabilité de contact, il doit être possible d'augmenter le stimulus par la vibration. En faisant vibrer dans un plan vertical une pousse horizontale, on projettera les grains d'amidon sur les parois latérales et ainsi l'on produira une réponse géotropique plus active. Les essais ont été faits sur le *Sorghum*, le *Setaria* et le *Panicum*; les vibrations étaient obtenues au moyen d'un diapason.

Les résultats montrent que, dans la grande majorité des cas, les échantillons agités présentent une plus forte courbure que les plantes laissées au repos.

Des expériences ont été faites aussi sur des pousses verticales, en vue de contrôler l'effet de l'agitation sur l'héliotropisme. La courbure des plantes agitées est un peu plus forte que celle des plantes au repos.

En résumé, la vibration affecte le géotropisme dans le rapport de 1,44 à 1 et l'héliotropisme dans le rapport de 1,05 à 1.

Mlle D. A. Bate : Note préliminaire sur la découverte d'un éléphant pygmée dans le Pléistocène de Chypre. — L'auteur a découvert dans les collines de Kerynia, dans l'île de Chypre, de nombreuses molaires d'un éléphant, qui paraît appartenir à une espèce pygmée. Il se rapproche beaucoup de l'*Elephas melitensis*, mais il en diffère par des caractères suffisants pour

que l'auteur soit amené à en faire une espèce nouvelle, qu'il dénomme *E. cypriotes*.

L. Rogers : L'action physiologique du poison des Hydrophidés. — On sait depuis longtemps que la morsure des Hydrophidés (petits serpents de mer) peut causer la mort. L'auteur a fait capturer un certain nombre de ces reptiles sur les côtes de l'Inde et il en a recueilli le poison en les faisant mordre sur un verre de montre recouvert de gutta-percha. Il coule quelques gouttes qui peuvent être desséchées sur $CaCl^2$ ou H^2SO^4 et conservées en cet état pendant longtemps dans des tubes bouchés sans perdre leur puissance. Le poison est atténué, puis détruit par l'ébullition.

En résumé, les symptômes produits par le poison des Hydrophidés sont identiques à ceux qu'occasionne le venin du cobra, avec cette seule exception que le premier n'a pas d'action marquée sur le sang. *Post mortem*, le sang est d'une couleur sombre, par suite de la paralysie de la respiration. Le poison est de trois à dix fois plus actif que celui du cobra pour les divers animaux à sang chaud; pour les poissons, qui forment la nourriture des Hydrophidés, le poison est environ 10 fois moins actif que pour les animaux à sang chaud, mais il est près de 50 fois plus actif que le venin du cobra pour les poissons.

Le poison des Hydrophidés n'a qu'une très faible action dissolvante sur les corpuscules rouges du sang; il n'a guère non plus d'action sur la coagulabilité. Les expériences semblent montrer que le premier effet du poison est une action paralysante sur le centre de la respiration, et que la dépression cardiaque est secondaire par rapport à celle de la respiration. Au point de vue de l'action sur le système nerveux, le poison se comporte d'une façon analogue au bacille tétanique.

Le sérum de Calmette n'a aucune influence sur le poison des Hydrophidés. Ni le sérum ni la bile de ces serpents n'ont de propriétés antidotales contre leur propre poison. L'auteur essaie actuellement d'immuniser des animaux par l'injection de doses non mortelles et progressives de poison.

George Oliver : Mesure du liquide tissulaire chez l'homme. — Le but de cette Note préliminaire est d'indiquer une méthode pour mesurer le liquide tissulaire chez l'homme, en permettant à l'observateur de déterminer les conditions dans lesquelles il est produit et utilisé.

Au cours de quelques observations faites dans le but d'éliminer le fluide tissulaire, comme étant une cause de variation dans les spécimens de sang soumis à l'examen, l'auteur a trouvé que l'enroulement d'une bague de caoutchouc, serrant le doigt de l'extrémité jusqu'au delà des jointures interphalangiennes, élève généralement d'une façon considérable le pourcentage des corpuscules du sang et de l'hémoglobine. Il est arrivé à la conclusion que l'anneau ne comprime pas simplement les vaisseaux sanguins, mais aussi fait disparaître le liquide tissulaire présent dans la peau et dans les tissus sous-cutanés.

L'aiguille, en piquant les vaisseaux capillaires, laisse échapper une certaine quantité de lymphe du tissu aréolaire qui les entoure, et ainsi dilue le sang. Lorsque, toutefois, les deux liquides ont été éloignés autant que possible par la compression de l'anneau de caoutchouc, une piqûre faite juste avant de retirer l'anneau donne le sang *per se*; car le sang revient instantanément dans les vaisseaux, tandis qu'un temps appréciable doit s'écouler avant que la lymphe reparaisse ou qu'elle exsude à nouveau. Par conséquent, l'auteur déduit que la lecture de la différence entre le pourcentage des corpuscules ou de l'hémoglobine avant et après l'emploi de l'anneau donne une mesure de la lymphe tissulaire et permet l'étude de la circulation de celle-ci chez l'homme.

Cette simple méthode ayant fourni des résultats assez inattendus, l'auteur ne les accepta tout d'abord qu'avec réserve; mais l'accumulation des données, en montrant toujours une analogie invariable des résultats et l'absence complète de chiffres exceptionnels ou erratiques, ou contradictoires et inexplicables, donna la preuve de l'exactitude du procédé.

Un certain nombre d'observations ont été faites sur des sujets normaux, menant une vie calme, avec un repos relatif des muscles, et sur des personnes soumises à des degrés variés d'exercice, à des températures et à des altitudes différentes. Dans cette Note, l'auteur se limite aux résultats obtenus sur la première classe de sujets.

Les nombreuses observations que cette recherche a nécessitées sur les corpuscules et sur l'hémoglobine ont été faites au moyen des tubes hémocytomètres et de l'hémoglobinomètre, instruments décrits par l'auteur il y a quelques années devant la Société physiologique; la gravité spécifique du sang a été déterminée par la méthode de Roy. Les pressions du sang (artérielle, capillaire et veineuse) ont été lues à l'hémodynamomètre; le sphygmomètre d'Hill et Barnard ainsi que le tonomètre du professeur Gartner ont été employés quelquefois pour déterminer la pression artérielle.

On peut résumer les conclusions générales, déduites des observations de l'auteur, de la façon suivante :

1° La quantité de liquide tissulaire varie à divers moments, dans le cours de la journée, et chaque variation est de courte durée ;

2° L'absorption de nourriture produit un courant rapide de lymphe dans les espaces tissulaires, lequel acquiert son développement maximum une heure après les repas, puis baisse lentement pour cesser d'être visible seulement après l'espace de trois ou quatre heures;

3° La courbe digestive de variation suit toujours le même type général, l'élévation étant rapide, l'apogée courte et l'abaissement graduel. On a observé que les variations suivent cet ordre bien défini chez tous les sujets sains soumis à l'observation.

La courbe de variation est, par conséquent, rythmique, la vague s'élevant brusquement jusqu'au sommet, puis s'abaissant lentement;

4° La quantité de lymphe est proportionnelle à l'augmentation des pressions artérielle et capillaire moyennes, et l'on a découvert que ces pressions suivent exactement, après l'absorption de nourriture, le même cours rythmique prolongé que l'effusion de la lymphe.

La méthode inventée pour observer la pression capillaire n'est pas très délicate pour les petites variations; l'auteur espère l'améliorer; mais elle est suffisamment exacte pour montrer que la pression capillaire sanguine s'élève pendant le temps que dure le trouble circulatoire digestif, et spécialement à son point culminant, puis tombe lorsque le trouble disparaît. Lorsque la pression artérielle moyenne est de 100 centimètres de mercure avant un repas, la pression du sang capillaire sera de 20 centimètres de mercure; une heure après le repas, lorsque la pression artérielle s'élève à 115 centimètres de mercure, la pression capillaire s'élèvera au moins à 30 centimètres de mercure.

Quoique ce soit une grande élévation relative, les observations de l'auteur lui ont montré qu'elle n'est pas moindre et qu'elle est souvent supérieure.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1903

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La parallaxe des nébuleuses. — M. Max Wolf a établi l'hypothèse que certaines grandes nébuleuses peuvent avoir un mouvement parallactique sensible (*Ast. Nachr.*, n° 3848), et M. Courvoisier, astronome à l'Observatoire d'Heidelberg, en déduit une intéressante conséquence en ce qui concerne leur parallaxe; dans les cinq cas étudiés, les mouvements hypothétiques prennent la même direction au ciel, c'est-à-dire qu'ils ont lieu à peu près le long de grands cercles de la sphère, passant par l'apex de Soleil. Le sens du mouvement est dirigé vers l'apex pour la grande nébuleuse d'Orion, vers l'anti-apex pour les quatre autres.

Maintenant, si l'on regarde le déplacement relatif des nébuleuses et des étoiles de leur voisinage principalement comme l'œuvre du mouvement parallactique, — supposition à laquelle engage presque la direction commune des mouvements, — il en résulte immédiatement que la parallaxe relative des quatre nébuleuses citées est plus grande que celles des étoiles qui entourent le *vide d'étoiles*, tandis que la nébuleuse d'Orion fait exception. Il est évident que chaque supposition d'un mouvement propre systématique des étoiles voisines d'une nébuleuse peut changer et même renverser la situation, mais un jugement général sur la grandeur de la parallaxe sera toujours possible.

Il serait à désirer que l'on eût d'autres indications sur la position des nébuleuses par rapport à leurs *vides*: si elles confirment l'ensemble de la direction des mouvements dont il s'agit, on serait conduit à admettre que les nébuleuses ne sont pas aussi éloignées qu'on l'a cru jusqu'ici.

§ 2. — Génie civil

La question de la démolition de la Tour Eiffel au Congrès de l'Association française à Angers. — Les projets d'aménagement définitif du Champ-de-Mars ont mis à l'ordre du jour une question qui n'a pas été sans provoquer une vive émotion dans le monde scientifique, celle de la démolition de la tour Eiffel. La « concession » de la Société qui a bâti la tour expire en 1909 : l'Etat va-t-il user des droits stricts qu'il s'est réservé d'exiger, pour cette date, la suppression de la tour de 300 mètres? Les uns affirment que la question est déjà tranchée ; d'autres espèrent que le dernier mot n'est pas dit, et que l'admirable outil de recherches scientifiques qu'est la tour Eiffel n'est pas encore définitivement condamné.

Un écho de ces préoccupations s'est fait entendre au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, qui s'est tenu au mois d'août 1903 à Angers.

Le 10 août, les deux Sections de Physique (5e section) et de Météorologie (7e section) se sont réunies en séance commune sous la présidence de M. B. Brunhes, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, président de la 7e section, pour délibérer sur un vœu en faveur de la conservation de la tour, qui devait être soumis le lendemain à l'Assemblée générale de l'Association.

M. Wilfrid de Fonvielle, avec l'ardeur juvénile qu'il a conservée intacte, s'est élevé avec véhémence contre ces membres de comités archéologiques, « dont la mission est de *conserver* et qui émettent des vœux pour qu'on *démolisse* ». Il rappelle qu'au moment où s'est posée la question de la construction de la tour, — que beaucoup d'artistes voulaient proscrire au nom de l'esthétique, — des savants comme M. Janssen ont indiqué quel parti la science en général, et spécialement l'Astronomie, la Météorologie et la Physique en pourraient tirer. M. de Fonvielle pense, enfin, que la tour présente un grand intérêt au point de vue de la défense nationale; il exprime cette idée qu'au cas d'un nouveau siège de Paris, le premier soin de l'ennemi serait de démolir la tour. « Cette besogne de destruction, s'écrie-t-il, allons-nous la lui éviter en nous en chargeant nous-mêmes? »

M. Brunhes a remercié, au nom de l'assemblée, M. W. de Fonvielle de sa communication, qui a suscité le plus vif intérêt; mais il estime qu'il convient de ne pas laisser la discussion s'égarer sur des terrains où l'*Association française* n'a pas qualité pour s'aventurer. Il faut absolument que la Section et l'Association ne fassent allusion ni aux considérations d'esthétique, ni aux considérations de défense nationale. Outre que, sur ces deux points, les avis peuvent différer même parmi nous, ce n'est pas de la compétence de l'*Association française*. *L'Association* doit se maintenir sur le terrain scientifique, et réclamer la conservation de la tour pour les ser-

vices qu'elle a rendus à la science et qu'elle peut lui rendre encore.

Il n'y a plus à redire maintenant, comme M. Janssen le disait avant 1889, que la tour Eiffel *pourrait* rendre des services à la science, notamment à la Physique et à la Météorologie : il faut dire aujourd'hui que la tour a rendu des services au delà de ce qu'on pouvait prévoir. En Physique pure, elle a permis les travaux de MM. Cailletet et Colardeau sur la compressibilité des gaz, sans parler des recherches récentes de M. Eiffel sur la pression de l'air sur les surfaces. En Météorologie, elle a permis les travaux, justement devenus classiques, de M. Angot sur la variation diurne de la température et des divers éléments météorologiques à l'air libre à 300 mètres au-dessus du sol. Elle a permis de constituer, en plein Paris, un véritable observatoire de montagne : nos observatoires météorologiques de montagne ne sont pas tellement bien dotés et tellement bien outillés que l'on puisse applaudir à la disparition de celui-là, l'un des plus originaux qui existent.

En définitive, la Tour est un admirable outil dont la Science n'eût pas osé réclamer la création, mais qu'elle jugerait insensé de détruire.

M. Pellin a rappelé que M. Chauveau a établi à la tour Eiffel les appareils de M. Mascart pour l'étude de l'électricité atmosphérique et que ses observations, qui se poursuivent encore, ont donné lieu à des travaux de premier ordre.

M. le Docteur Cartaz a signalé, comme observations d'Astronomie physique, les observations de MM. Touchet et Quénisset sur la photographie et la photométrie des lueurs crépusculaires, observations qui doivent être poursuivies en 1904.

M. Carpentier, président sortant de l'Association, a ajouté que, tout récemment encore, la tour de 300 mètres a servi à d'importantes expériences sur la pression du vent sur les surfaces. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour sur cet important problème étaient affectés d'erreurs systématiques et peu concordants. M. Eiffel, utilisant la grande hauteur verticale de la tour, a eu l'idée de laisser tomber, le long d'un câble tendu verticalement, un mobile pesant, auquel est fixée la surface d'étude. Ce mobile contient un appareil enregistreur muni de tous les organes nécessaires à l'inscription des éléments à connaître : temps, chemin parcouru, pression subie; et, après chaque expérience, on en retire un diagramme complet dont l'analyse donne immédiatement les chiffres cherchés. Les vitesses relatives atteignent jusqu'à 40 mètres par seconde; les résultats concordants de plus de 200 expériences ont déjà permis de rectifier certains coefficients admis jusqu'ici. L'étude complète de la question demandera de nombreuses séries d'expériences variées; mais ce qu'on a déjà obtenu suffit à affirmer la fécondité de la méthode, qui implique nécessairement l'emploi d'une hauteur verticale énorme.

M. Emile Trélat, ancien député de Paris et directeur de l'Ecole d'Architecture, a déclaré s'associer aux paroles du président, mais a désiré répondre quelques mots à M. de Fonvielle. Il n'est pas du tout d'accord avec M. de Fonvielle sur le caractère artistique de la tour. « Elle ne présente aucune surface qui puisse donner lieu à des jeux de lumière ». Il était de ceux qui, en 1889, trouvaient très intéressant le problème résolu par la tour de 300 mètres, mais n'auraient pas voulu la voir construire dans Paris. Il n'en est que plus autorisé aujourd'hui à proclamer que, puisque la tour existe, et que les savants en ont tiré un parti remarquable, il faut s'opposer à sa démolition qui, d'ailleurs, n'est nullement chose décidée.

Un vœu, formulé par M. Carpentier, a été mis aux voix et adopté par les deux Sections : Le mardi 11 août, l'Association, réunie en assemblée générale, faisant sien le projet de résolution des 5e et 7e Sections, « *considérant que la tour Eiffel a déjà rendu à la science d'inestimables services, en se prêtant à des déterminations physiques, météorologiques et mécaniques impossibles à obtenir sans elle; considérant qu'elle est sans contredit appelée à en rendre d'autres encore, a émis le vœu qu'elle ne soit pas détruite à l'expiration de la concession grâce à laquelle elle existe, et qu'on prolonge, au contraire, son existence le plus possible.* »

§ 3. — Physique

Recherches relatives au Radium. — Les recherches relatives aux composés du radium font, à l'heure actuelle, l'objet des travaux de beaucoup de physiciens des plus compétents, et c'est de ce concours de tant de travaux indépendants qu'il faut espérer la solution définitive de tous les problèmes qui s'y rattachent. Une Monographie récemment publiée par la *Société Royale de Londres* contient quatre travaux relatifs aux propriétés du radium. Dans l'un de ceux-ci, M. et Mme Huggins ont tâché d'obtenir le spectre de la radiation lumineuse et spontanée qu'émet le radium à la température ordinaire. Un examen spectroscopique préliminaire de la luminescence du bromure de radium pur ayant donné un spectre plutôt indistinct, les auteurs se sont adressé à la photographie, en vue d'obtenir, si possible, l'image des spectres bleu, violet et ultra-violet de ce rayonnement. Finalement, avec une exposition de soixante-douze heures [1], ils ont réussi à obtenir un négatif, consistant en huit lignes brillantes et au moins autant de lignes indécises, combinées à une indication de spectre continu dans la région du bleu. Les sept lignes les plus brillantes, chose inattendue, correspondent, non pas seulement par leur position, mais encore par leur intensité relative et leur caractère général, à des bandes du spectre de l'azote, en même temps que la totalité des radiations ultra-violettes semble provenir de ce gaz. Les auteurs croient probable que des mesures ultérieures donneront des indications de l'hélium et même du radium.

Dans un autre des travaux mentionnés ci-dessus, MM. W. Ramsay et F. Soddy étudient la relation qui existe entre les émanations du radium et de l'hélium. En se basant sur leurs analyses spectrales, ils affirment que l'hélium accompagne toujours les émanations de radium. Il résulte, en effet, de ces expériences que les lignes caractéristiques sont identiques, quant à leur position, à celles d'un tube à hélium introduit en même temps dans le champ visuel. M. Ramsay et ses aides retirent les émations à l'aide d'une pompe spéciale et les traitent comme ils feraient d'un gaz, les condensent dans un tube en U, entouré d'air liquide, et même les lavent au moyen d'un autre gaz, le passage de l'émanation d'un point à un autre pouvant être facilement suivi par l'œil dans une salle obscure. Dans les études qui complètent cette Monographie, l'influence de ces rayons sur les réactions chimiques est étudiée. Une solution de chlorophylle, introduite dans un tube de verre et disposée au-dessus d'une couche de bromure de baryum, a pris une coloration pourpre en dix heures à peu près, tandis qu'autrement elle restait inaltérée pendant plus de soixante heures. L'ensemble de ces recherches représente un progrès notable dans la connaissance de ces intéressantes radiations.

§ 4. — Électricité industrielle

L'utilisation de la force du vent dans les stations centrales d'électricité. — L'emploi de la force du vent comme source d'énergie des stations centrales d'électricité a souvent été étudié; mais l'intensité variable du vent, produisant des variations correspondantes de la vitesse de la dynamo, constitue un obstacle des plus sérieux. Cette difficulté vient, paraît-il, d'être surmontée par le Professeur La Cour, qui s'occupait depuis quelques années, pour le compte du Gouvernement danois, de l'étude de cette question. Afin de donner aux moteurs une vitesse à peu près continue et indépendante de l'intensité du vent, M. La Cour, comme

[1] *The Electr. Engin.*, 21 Août 1903.

il l'a indiqué dans une conférence récemment donnée devant le Congrès technique et hygiénique de Copenhague, emploie un arbre intermédiaire associé à une bascule. La courroie provenant du moulin est conduite verticalement sur le disque de cet arbre, sa pression sur ce dernier étant réglée par des contrepoids convenables que porte la bascule. Par suite de cette disposition, la courroie se met à glisser sur le disque aussitôt que la charge dépasse un maximum donné. Une installation de ce genre, alimentant à peu près 450 lampes à incandescence, est depuis bientôt un an en fonctionnement à Askov, en Danemark, où des moteurs à pétrole servent de réserve en cas de calme prolongé.

Dans cette station centrale, le courant constant normal est de 50 ampères, la tension de distribution étant de 2×110 volts. Cette installation a jusqu'ici donné des résultats excellents, tout en ne demandant pas de surveillance notable. Au point de vue financier, cette installation s'est montrée assez rémunératrice ; le coût d'établissement a été d'environ 22.400 francs, dont 4.200 francs correspondant aux moteurs à pétrole. Le courant est fourni aux consommateurs au même prix qu'à Copenhague, c'est-à-dire à raison de 70 centimes par kilowatt-heure pour l'éclairage et 21 centimes pour la force motrice. Les revenus provenant de la vente d'énergie ont été d'à peu près 2.800 et les dépenses d'à peu près 1.120 francs par an. Il reste ainsi 1.680 francs pour l'amortissement de cette installation, somme plus que suffisante pour un capital de 22.400 francs. Aussi le prix de l'énergie pourrait être ultérieurement abaissé. Dans le cas de stations d'électricité très petites, destinées à l'usage d'un nombre limité de maisons, le moteur à pétrole est avantageusement remplacé par un dispositif mû par des chevaux. De plus, dans le cas où le propriétaire de la station serait son propre consommateur, la consommation de courant pourrait être réglée d'après la puissance momentanée du vent, ce qui diminue ultérieurement le coût de cette installation.

Une solution du problème en question contribuera sans doute à rendre l'électricité accessible à un prix relativement bas, même dans les petites communes et plus spécialement dans les districts ruraux.

§ 5. — Chimie physique

Les densités des vapeurs et leurs poids moléculaires. — La densité d'un gaz est une constante physique que l'on sait déterminer avec une très grande exactitude. M. Daniel Berthelot a montré[1] que la connaissance précise de la densité des gaz et de leur loi de compressibilité permet de déterminer avec rigueur leurs poids moléculaires, et par suite les poids atomiques de leurs composants.

Pour les vapeurs, au contraire, on se contente de mesures grossières de leurs densités, ayant pour but de fixer la grandeur de leurs poids moléculaires, tandis que la détermination précise de ceux-ci, ainsi que celle des poids atomiques des éléments, résulte de l'analyse chimique.

N'y a-t-il pas possibilité de faire pour les vapeurs ce qu'on fait pour les gaz ; et ne pourrait-on pas baser sur la mesure de leurs densités une méthode *statique* de détermination des poids atomiques, le procédé habituel, dans lequel les éléments subissent des transformations chimiques diverses, méritant le nom de procédé *dynamique*? Telle est la question que se sont posée Sir William Ramsay et M. Steele[2]; c'est afin de comparer les poids moléculaires déduits des densités de vapeur avec les poids moléculaires résultant des poids atomiques des constituants, qu'ils ont entrepris les mesures très soignées et précises que la *Revue* a déjà signalées[1].

M étant le poids moléculaire d'une vapeur hydrocarbonée, calculé d'après sa composition, son poids moléculaire M' expérimental est, d'après la loi d'Avogadro, égal au quotient du produit pv relatif à 1 mol. gr. d'oxygène à une température donnée par le produit pv relatif à 1 gramme de la substance étudiée à la même température (il s'agit des valeurs limites, déterminées par extrapolation, qu'aurait le produit pv pour une pression nulle).

Les mesures, consistant en pesées et en lectures de pression, de volume et de température, ont été faites avec une précision remarquable, et ont conduit à une valeur de M' différente de celle de M pour toutes les substances étudiées : alcool méthylique, éther, hexane, octane, benzène, toluène. L'écart relatif varie de $\frac{1}{1.250}$ en moins (éther) à $\frac{1}{182}$ en plus (toluène). Toutes les causes d'erreur de cet ordre là étant écartées, on est forcé de conclure, que, même dans les conditions limites de pression nulle, la loi d'Avogadro ne s'applique pas aux vapeurs étudiées.

Les auteurs discutent toutes les explications que l'on pourrait donner de l'écart observé : accroissement de la densité apparente de la vapeur, due à l'adhérence au verre d'une mince couche de celle-ci ; existence dans la vapeur de groupements, d'associations de molécules ; attraction spéciale s'exerçant entre les molécules de la vapeur, particulièrement au voisinage du point d'ébullition, et diminuant la valeur du produit pv ; enfin variabilité du poids atomique d'un élément suivant la proportion de cet élément dans le composé que l'on considère. Aucune de ces hypothèses, discutables d'ailleurs en elles-mêmes, ne rend compte du sens ou de la grandeur des différences observées entre M et M'.

Indépendamment de toute explication, il reste établi qu'on ne saurait baser sur la mesure, si précise qu'elle soit, des densités des vapeurs la détermination des poids atomiques des éléments.

§ 6. — Physiologie

Influence d'obstacles mécaniques dans l'intestin sur l'indicanurie. — On sait que la putréfaction post-digestive des matières albuminoïdes dans l'intestin donne naissance à divers produits des séries cycliques, et notamment à de l'indol, qui, repris par l'organisme, est éliminé par les urines à l'état d'indoxylsulfate alcalin ou indican et peut être dosé sous la forme d'indigo. La quantité d'indigo fournie par l'urine est donc d'autant plus grande que les putréfactions intestinales ont été plus actives ou que le séjour des matières fermentées dans l'intestin a été plus prolongé. De fait, M. Jaffé[2] a démontré dès 1877 que tout arrêt des matières dans l'intestin grêle entraîne une augmentation de l'indican urinaire. Au contraire, des arrêts dans le gros intestin sont sans effet à cet égard.

MM. A. Ellinger et W. Prutz[3] ont repris récemment l'étude de cette question, et leur travail méritait d'être signalé aux lecteurs de cette *Revue* moins pour les résultats qu'il a fournis, et qui ne font au total que confirmer ceux de M. Jaffé, qu'à cause de la méthode opératoire intéressante, employée pour créer l'obstacle intestinal. M. Jaffé, en effet, procédait chez le chien par ligatures ; il arrivait alors que, pour l'intestin grêle, le segment lié redevenait spontanément perméable après quelques jours, et, pour le gros intestin, que cette intervention ou bien entraînait rapidement la mort, ou bien était également suivie d'une guérison spontanée.

A ce mode opératoire brutal, les auteurs précités ont

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVI, p.p. 954, 1030, 1415, 1501.
[2] The Vapour-Densities of some Carbon Compounds ; an Attempt to determine their correct Molecular Weights ; *Philos. Magaz.*, 6me série, t. VI, p. 492 ; 1903.

[1] *Revue gén. des Sc.*, t. XIV, p. 926 ; 30 septembre 1903.
[2] Jaffé : *Virchow's Archiv.*, t. LXX, 1877.
[3] A. Ellinger et W. Prutz : *Zeitschr. für. physiol. Chem.*, t. XXXVIII, p. 399-427, 1903.

substitué ce qu'ils appellent *Darmgegenschaltung*, c'est-à-dire l'insertion à rebours d'une anse intestinale. On détache par deux sections une anse intestinale et on l'insère à nouveau dans la continuité du tube digestif, mais en suturant le bout inférieur de l'anse au bout supérieur de l'intestin et *vice versa*. Cette intervention, déjà employée par d'autres savants, mais que MM. Ellinger et Prutz ont appliquée avec succès à l'étude des mouvements de l'intestin [1], a pour effet d'obliger l'anse intestinale choisie à travailler par ses contractions péristaltiques en sens inverse du cheminement normal des matières et crée donc un obstacle plus ou moins actif à la progression du bol alimentaire.

Par ce procédé, les auteurs ont vérifié la règle de Jaffé, mais en y ajoutant la proposition suivante : Chaque fois qu'un arrêt des matières dans le gros intestin provoque de l'indicanurie, contrairement à la règle, de Jaffé, c'est que la stase des matières s'est étendue du côlon à l'intestin grêle par delà la valvule iléo-cæcale. De plus, l'influence de l'alimentation sur l'indicanurie a été très manifeste en ce sens que la quantité d'indigo a été maxima avec la viande et que l'ingestion d'hydrates de carbone l'a fait redescendre aussitôt. Pendant le jeûne, l'excrétion d'indigo est très diminuée chez l'animal opéré ; mais elle reste supérieure à celle du chien normal à jeun, ce qui montre que même la stase des matières fécales du jeûne est une cause d'indicanurie.

En terminant, les auteurs insistent sur l'importance clinique des déterminations répétées de l'indigo urinaire [2]. Souvent, disent-ils, les signes cliniques d'une obstruction intestinale apparaissent très subitement, bien qu'il existe depuis un certain temps déjà un obstacle à la progression des matières, et il serait intéressant de rechercher si des dosages quotidiens de l'indigo urinaire ne permettraient pas de diagnostiquer une sténose intestinale en voie de lent accroissement, à un moment où les signes cliniques ne laissent encore que soupçonner un pareil état de choses.

On a essayé, il est vrai, de démontrer que l'indol peut provenir aussi d'une désassimilation exagérée de l'albumine au cours des échanges nutritifs, ce qui compliquerait beaucoup évidemment l'interprétation des signes fournis par l'indicanurie ; mais les résultats du récent travail de Scholz [3], exécuté à l'aide de méthodes de dosage précises, sont tout à fait contraires à cette nouvelle théorie et ne laissent subsister que la doctrine classique de l'origine purement intestinale de l'indol.

§ 7. — Sciences médicales

Phocomélie et Hémimélie. — Ce cas tératologique concerne un jeune homme de dix-sept ans, sourd-muet congénital, qui présenta dès sa naissance une malformation portant sur les deux membres inférieurs [4].

Actuellement, l'inégalité des deux membres inférieurs est saisissante : mesurée depuis la crête iliaque, la hauteur du membre inférieur droit est de 61 centimètres ; à gauche, elle est de 32 centimètres seulement. Lorsque ce garçon est debout, son talon gauche arrive exactement au niveau de son genou droit.

La cuisse droite, bien qu'un peu grêle, est normale dans son ensemble ; mais la longueur de la jambe droite est insuffisante ; de plus, cette jambe présente une courbure à concavité postérieure, due à l'incurvation du tibia, et une diminution de son diamètre transversal, due à l'absence d'un des deux os de la jambe, le péroné. Le pied droit n'a que trois métatarsiens et trois orteils, les trois premiers.

[1] A. Ellinger et W. Prutz : *Arch. f. klin. Chirurgie*, t. LXVII, fasc. 4, 1902.

[2] Les auteurs se sont servis de la méthode décrite par l'un deux (A. Ellinger : *Zeitschr. für physiol. Ch.*, t. XXXVIII, p. 177).

[3] H. Scholz : *Ibid.*, t. XXXVIII, p. 513, 1903.

[4] Halbron : Un cas de phocomélie et d'hémimélie. *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, t. XVI, n° 2, p. 123.

Le membre inférieur gauche n'est pas seulement très petit, il est complètement déformé. Il s'attache par une masse globuleuse au bassin ; immédiatement après une sorte d'articulation ankylosée, il s'effile. L'os unique de cette jambe gauche, le tibia, est incurvé comme le droit, et aplati latéralement. Le pied dévié en valgus, plus petit que le droit, possède quatre métatarsiens et quatre orteils.

A droite, tous les mouvements sont possibles, sauf ceux de l'articulation tibio-tarsienne, qui est ankylosée ; à gauche, la musculature est bonne à la racine du membre, ce qui permet au malade de marcher grâce à un pilon prenant son appui sur le moignon qui représente la cuisse.

En résumé, il y a une atrophie considérable du fémur gauche qui n'est constitué que par une masse informe : aux jambes, les deux péronés sont absents ; au tarse, au métatarse, des os du bord externe manquent de chaque côté, et un ou deux orteils font défaut à chaque pied du côté péronier.

Quelle place le sujet occupe-t-il dans la catégorie des monstres ? A gauche, l'arrêt de développement du fémur est assez considérable pour justifier l'étiquette de *phocomélie*. D'autre part, l'absence double et totale du péroné avec déviation angulaire du tibia, les malformations du squelette du pied font partie du tableau de l'*hémimélie*. Il y a donc à droite hémimélie, à gauche phocomélie et hémimélie combinées.

§ 8. — Géographie et Colonisation

La Mission Chevalier (Chari-Lac-Tchad). — Dans une précédente Note, nous avons relaté les différentes étapes de la Mission sur le Haut-Oubanghi et jusque dans les Etats encore inconnus du sultan Snoussi. L'accueil amical de ce dernier n'a pas duré jusqu'à la fin du séjour des explorateurs Chevalier et Courtet, et le retour ne fut pas des plus aisés ; tous deux néanmoins, *gais et contents*, n'ayant perdu que quelques caisses de l'énorme butin scientifique recueilli dans cette région, étaient de retour à Fort-Archambault dans la deuxième quinzaine de juin. Là, ils retrouvaient le Dr Decorse, leur compagnon, dont la santé s'était rétablie peu à peu et qui les avait quittés sept mois auparavant. Celui-ci partit immédiatement pour les bords du Tchad à l'effet d'y recueillir les produits de la faune et d'y continuer ses recherches ethnographiques. Les nouvelles du Jardin d'essai créé par la Mission à Krebedjé sont des meilleures, et M. Martret, chargé de son entretien, est des plus satisfaits ; 4 hectares sont actuellement plantés en *Landolphia*.

De Fort-Archambault, poste militaire créé par Gentil en 1899 dans l'expédition contre Rabah, Chevalier s'est dirigé vers l'ouest, visitant les monts Niellims, superbes blocs de granit porphyroïde où fut anéantie l'avant-garde de Gentil (mission Bretonnet), et dont il put retrouver les restes. Le pays est d'ailleurs bien changé, et le chef Niellim Oueddou, qui prit part au massacre, a fait aux deux explorateurs *sans escorte* un accueil extrêmement empressé. De là, ils ont visité le pays inexploré des Ndamms, dont la flore, pauvre, comprend cependant beaucoup de plantes à bulbe : des Orchidées (*Lissochilus*), des Zingibéracées (*Kæmpferia*), des Amaryllidacées, Liliacées, etc. Revenue à Palem, la Mission reliait ainsi son itinéraire avec les points extrêmes atteints par Maistre et Nachtigal venant en sens opposé en 1872. M. Chevalier pense que le Ba-Illi, considéré comme faisant communiquer le Bahr-Sara (magnifique rivière de 200 mètres de largeur) au Chari, n'existe pas ; c'est un simple marais asséché. C'est le Bahr-Sara qui doit être le véritable haut-cours du Chari. Malgré la saison des pluies et la présence d'innombrables moustiques, qui les assaillent jour et nuit, car les moustiquaires sont depuis longtemps hors d'usage, les explorateurs sont en bonne santé.

Continuant leurs recherches, ils visitèrent le lac Iro (18 kilomètres de longueur), connu seulement jus-

qu'alors par les renseignements indigènes, et situé sur les confins du Wadaï[1].

Laissant le matériel de la Mission à M. Courtet, Chevalier est reparti explorer le Baguirmi, pensant atteindre Téhekna, la capitale de cette contrée, dans les premiers jours d'août. Le sultan du Baguirmi, rencontré à Corbol, lui fit un accueil cordial, et le fit accompagner par ses soldats jusqu'à la capitale. Chevalier, au cours de cette intéressante partie de sa Mission, put visiter les mines de sel gemme du Borkou, et voir le sel fabriqué par lessivage des cendres provenant de la combustion des plantes de Tchad.

§ 9. — Congrès

Le 75e congrès des Naturalistes et Médecins allemands. — Le Congrès des Naturalistes et Médecins allemands qui vient de se tenir à Cassel, du 20 au 26 septembre, a été très riche en travaux intéressants. Bien que les congrès de ce genre n'aient plus, à l'heure actuelle, l'importance de centres intellectuels qu'ils possédaient autrefois, ils sont quand même dignes d'intérêt en raison surtout des entrevues personnelles entre les savants, qu'ils facilitent, et à cause des discussions souvent très fertiles auxquelles ils donnent lieu. Nous analyserons dans les lignes qui suivent les travaux de Physique les plus intéressants, ainsi que quelques conférences particulièrement importantes données dans les autres Sections du Congrès.

M. *C. Runge* s'est occupé de la détermination spectroscopique des poids atomiques. On sait qu'il existe des relations entre les spectres de lignes et les poids atomiques des éléments et qu'on a réussi, pour certains groupes d'éléments, à faire correspondre à chaque ligne d'un élément une ligne donnée d'un autre élément du même groupe. Lorsqu'on arrange ces lignes en séries, les spectres de tous les éléments présentent un aspect identique. Si les lignes correspondantes d'un même groupe d'éléments sont connues, les longueurs d'ondes seront des fonctions simples du carré du poids atomique; si l'expression analytique de cette fonction était donnée, on posséderait une méthode très précise pour déterminer les poids atomiques. Quant aux paires de lignes correspondantes, caractérisées par des différences de période constantes, la distance des deux lignes d'une même paire est, dans un même groupe d'éléments chimiques voisins, proportionnelle à une puissance du poids atomique, les logarithmes étant des fonctions linéaires les uns des autres. Or, en appliquant cette loi à la détermination du poids atomique du radium, l'auteur, de concert avec M. Precht, vient de trouver la vateur 257, valeur qui diffère notablement de celle indiquée par Mme Curie, à savoir 225; cette divergence est, semble-t-il, due à la teneur en baryum de la substance dont s'est servie Mme Curie.

M. *F. Neesen* vient d'étudier le problème de l'action mutuelle des rayons cathodiques. En faisant passer dans un même tube, suivant des directions opposées et au voisinage immédiat l'un de l'autre, deux rayons cathodiques provenant de décharges indépendantes, il n'a pas constaté la moindre action réciproque, bien que l'effet électrodynamique ait dû s'ajouter à l'effet électrostatique. Il en résulte que l'absence d'influence mutuelle des rayons cathodiques n'est point due à une action électrodynamique antagoniste.

M. *E. Zschimmer* a trouvé un procédé permettant de fabriquer sur une vaste échelle des verres optiques dont le pouvoir de transmission pour les rayons ultraviolets est singulièrement exalté; il est d'environ 50 % pour des couches d'un centimètre d'épaisseur et pour $\lambda = 305 \mu\mu$, tout en ayant la même valeur sous des épaisseurs d'un millimètre pour $\lambda = 288 \mu\mu$. Des expériences astrophotographiques ont fait voir que les objectifs fabriqués avec ces verres donnent des détails bien plus fins que les objectifs ordinaires. Le conférencier a également préparé un verre filtre absorbant fortement tous les rayons depuis le rouge jusqu'au bleu, mais transmettant fort bien les rayons bleus, violets, et ultra-violets jusqu'à 280 $\mu\mu$ sous des épaisseurs d'un millimètre.

M. *Zacharias* expose des idées toutes nouvelles et quelque peu paradoxales sur la nature des phénomènes magnétiques; d'après ce savant, le magnétisme serait dû à des phénomènes mécaniques se passant dans l'éther, et accompagnés d'un certain *vide d'éther* plus ou moins grand. M. Zacharias essaie d'illustrer l'action mutuelle d'une tige et d'une aiguille magnétiques par l'exemple de deux sphères tournantes, dont l'une est suspendue par un fil, et qui exercent l'une sur l'autre une répulsion si les rotations ont lieu dans le même sens, tandis que, dans le cas de rotations opposées, les sphères adhèrent l'une à l'autre.

Le Professeur *H. Rubens*, de Charlottenburg, bien connu par ses recherches sur les rayons de grandes longueurs d'onde, réalise devant le Congrès quelques intéressantes expériences sur les rayons résiduels (*Reststrahlen*) du quartz et du spath-fluor. C'est au moyen de ces rayons calorifiques de grande longueur d'onde qu'on a été en mesure d'établir le raccord avec les rayonnements électriques, requis par la théorie de Maxwell; pendant longtemps, il est vrai, les prévisions ne se sont réalisées que pour les isolants, tandis que les propriétés optiques des conducteurs, et plus particulièrement celles des métaux, s'accordaient fort mal avec les phénomènes électriques. Or, M. Rubens, avec la collaboration de M. Hagen, a récemment expliqué ce désaccord apparent; comme la *Revue* a déjà rendu compte de ces intéressants travaux, nous croyons inutile d'y revenir.

Le Professeur *W. Nernst*, de Gœttingue, a construit un four électrique en iridium, permettant de déterminer facilement, au moyen d'appareils spéciaux, les densités de vapeur jusqu'à des températures supérieures à 2.000°; la température se mesure d'après un principe indiqué par MM. Holborn et Kurlbaum, au moyen de l'émission lumineuse. Comme la loi suivant laquelle la puissance lumineuse du corps « noir » s'accroît avec la température n'est qu'imparfaitement connue pour les températures élevées, les valeurs des températures données par l'auteur ne sont que provisoires; ce travail contient, cependant, toutes les données nécessaires pour les recalculer quand cette loi sera connue avec une précision plus grande. La température de fusion de l'iridium a été trouvée, à la suite de ces expériences, égale à 2.203°; il en résulte que les vases en iridium se prêtent aux mesures chimiques et physiques même à des températures supérieures à 2.000°. Signalons encore la valeur de 2.050° donnée pour le point d'ébullition de l'argent. En terminant, M. Nernst signale une nouvelle méthode pour déterminer les températures d'après un principe relativement sensible et purement thermodynamique.

Le Professeur *H. Th. Simon*, de Gœttingue, indique un nouveau principe permettant la production des courants alternatifs à haute fréquence et leur emploi dans la télégraphie sans fil, principe basé sur les phénomènes mécaniques périodiques se passant, par exemple, dans les tuyaux d'orgue; dans ces derniers, un système capable d'osciller est accouplé à un flux stationnaire de telle manière que l'intensité de l'accouplement se trouve modifiée par les vibrations elles-mêmes, étant maximum lorsque le flux stationnaire excitant agit dans le même sens que le flux excité, minimum dans le cas contraire. Dans les expériences que l'auteur a faites avec la collaboration de M. Reich, les arcs voltaïques jaillissant entre des électrodes métalliques ont présenté toutes les propriétés d'un accouplement pareil. Au moyen d'un courant continu à tension élevée, les expérimentateurs ont pu engendrer, en se servant d'un spinthéromètre métallique à vide d'air, des vibrations électriques éminemment efficaces, semblables à celles que produit M. Hewitt au moyen d'un courant alternatif à haute tension et de sa lampe à mercure. Le caractère des courants de haute

fréquence n'est modifié en rien par le nouveau principe indiqué par l'auteur, qui considère le mode de production actuel des vibrations électriques au moyen des spinthéromètres dans l'air et des bobines d'induction comme étant irrationnel et fournissant des courants à haute fréquence relativement irréguliers. Comme les conditions de service d'un système à haute fréquence donné peuvent, dans chaque cas spécial, s'adapter exactement à la distance explosive dont on se sert, la méthode indiquée par M. Simon paraît se prêter très bien à la télégraphie sans fil.

M. *E. Grimsehl* présente un nouvel appareil pour déterminer les périodes de vibration; un rayon lumineux, traversant les trous du disque tournant d'une sirène, est projeté sur une plaque photographique en mouvement. L'interruption du rayon lumineux se fait sentir sur la plaque photographique par une série de points noirs. Pourvu qu'on connaisse la vitesse de la plaque, on détermine facilement le nombre de ces points noirs et, par là, celui des interruptions, c'est-à-dire la période du son. Le mouvement le plus simple de la plaque photographique serait une chute libre en face du rayon lumineux intermittent. En dehors des vibrations acoustiques, cet appareil se prête également à l'étude des décharges et des ondes électriques. L'auteur présente, entre autres, un photogramme de l'arc chantant, dont les fluctuations lumineuses sont mises en évidence. En dehors de cet appareil, *analysant* pour ainsi dire les vibrations et les phénomènes rapides, M. Grimsehl présente une machine à ondes, destinée à effectuer la *synthèse* des vibrations, appareil basé sur un principe analogue à celui du dispositif de Pfaundler.

M. *E. Raehlmann* a fait des recherches ultra-microscopiques sur les mélanges de matières colorantes, en se servant du dispositif de MM. Siedentopf et Zsigmondy. Le bleu de Prusse et le jaune de naphtol ont été plus particulièrement étudiés; les particules de ces matières colorantes sont décelées par le nouveau microscope jusqu'à des dimensions d'à peu près 0,000.001 millimètre, se rapprochant beaucoup des dimensions moléculaires. Les particules ultimes du bleu de Prusse présentent une coloration rouge violet, celles du jaune de naphtol une couleur laiton. Ces particules exécutent en solution aqueuse des mouvements continus, caractéristiques de chaque matière colorante, et que l'auteur incline à attribuer à des phénomènes électromagnétiques. Or, lorsqu'on mélange les deux matières colorantes ci-dessus mentionnées en proportions telles que le mélange présente une coloration verte distincte et intense, les particules décelées par les microscopes montrent un aspect tout différent et des colorations très différentes. M. Raehlmann croit que ce sont des forces électriques qui, en produisant la formation, autour de chaque particule, d'une couche mince de l'autre substance, donnent lieu à ces variations remarquables. Ces recherches font voir tout le parti qu'on pourra retirer du nouveau microscope pour les recherches physico-chimiques.

Sir William Ramsay, de Londres, présente quelques considérations sur la loi périodique des éléments. L'auteur discute la difficulté qu'on éprouve à établir des relations simples entre les poids atomiques des éléments. Après avoir rappelé les expériences du Professeur Landolt, où deux corps capables de réagir ont éprouvé des modifications de poids apparentes ou réelles, M. Ramsay discute la question de savoir si c'est l'inconstance des poids atomiques qui produit les irrégularités du système périodique, comme cela est rendu probable par des expériences encore inédites de Mlle Aston. On sait, d'autre part, que MM. Ramsay et Soddy viennent de réussir à produire de l'hélium aux dépens des sels de radium, qui, semble-t-il, en forment continuellement.

M. *A. Neuburger*, de Berlin, donne une intéressante contribution à l'histoire de l'électrolyse de l'eau. On sait que les expériences de Lavoisier ont d'abord été faussement interprétées; on croyait, en effet, que cette décomposition donnait naissance à un alcali et à un acide. Cette explication erronnée était due aux impuretés que contenait l'eau employée, ainsi qu'aux altérations des vases de verre dont on se servait. Or, tandis que, suivant l'opinion généralement adoptée, c'est à Davy que reviendrait le mérite d'avoir élucidé cette erreur et démontré que les seuls produits de l'électrolyse de l'eau sont l'*hydrogène* et l'*oxygène* purs, M. Neuburger fait voir que la priorité de cette importante découverte appartient à M. P.-L. Simon, alors professeur à l'Académie d'Architecture de Berlin, dont les expériences sur l'électrolyse de l'eau ont été publiées en 1801 dans les *Annales de Gilbert*, tandis que ce n'est qu'en 1806 que les expériences de Davy ont été terminées et publiées. Cette erreur historique est, de l'avis de M. Neuburger, due à une omission plus ou moins volontaire de la part de Berzélius.

M. *Ziehens*, à Halle, fait une intéressante conférence sur la psychologie physiologique des sentiments et des émotions, qu'il attribue non pas à une excitation de l'écorce du cerveau, mais à une susceptibilité de décharge spéciale (Entladungsbereitschaft), capable d'être exaltée ou abaissée, en donnant lieu à des émotions, soit positives, soit négatives. La mélancolie présente un exemple de ces dernières : les phénomènes de sensation s'y trouvent retardés, en raison de la diminution de décharge de l'écorce du cerveau excitée. Comme l'abaissement de la susceptibilité de décharge peut donner lieu à une stagnation réelle, les émotions négatives se font sentir pendant bien plus longtemps que les positives.

La conférence du Professeur *Ladenburg*, de Breslau, sur l'influence des sciences exactes sur les idées a été fort remarquée pour la hardiesse avec laquelle l'auteur a exposé des vues diamétralement opposées aux idées officiellement reçues; aussi il paraît qu'on avait fait en haut lieu des tentatives, vaines d'ailleurs, en vue d'empêcher cette conférence.

Une des conférences les plus remarquables données devant ce Congrès, à savoir celle de M. Behring sur la pathogénie de la tuberculose, a déjà été analysée en détail dans la *Revue* (15 octobre, p. 970).

A. Gradenwitz.

§ 10. — Enseignement

Les instituteurs français en Amérique. — Les relations amicales des Universités françaises avec les Universités américaines vont prendre une plus grande extension. Jusqu'à ce jour, les échanges d'élèves, inaugurés il y a quelques années, se limitaient au seul enseignement supérieur, dont quelques étudiants allaient s'initier aux méthodes pratiquées et tâcher de tirer profit des progrès réalisés d'un côté et de l'autre. C'est ainsi que la *Columbia University* de New-York avait envoyé en France l'un de ses élèves les plus distingués, tandis que notre ministre de l'Instruction publique accordait à M. Monod, élève de la Faculté des Lettres de Paris, une bourse, afin de lui permettre de suivre les cours de la *Columbia University*.

On se propose maintenant de faire bénéficier d'une pareille mesure notre enseignement primaire. Chaque année, l'Ecole Normale primaire d'Auteuil enverrait un de ses meilleurs élèves-maîtres terminer son apprentissage professionnel à l'Ecole Normale primaire de l'Etat de New-York, située à New-Paltz. Notre instituteur serait ainsi à même de comparer les deux méthodes pédagogiques, pour le plus grand profit des améliorations à introduire dans nos plans d'études. En échange, un des élèves-maîtres de l'école de New-Paltz viendrait prendre sa place à Auteuil et s'imprégner des idées françaises.

Ce projet, patronné par M. Bédorez, directeur de l'Enseignement primaire de la Seine, est approuvé par MM. Liard, vice-recteur de l'Académie de Paris, et Gasquet, directeur de l'Enseignement primaire au ministère de l'Instruction publique.

L'ALUMINOTHERMIE

On désigne actuellement sous le nom d'*Aluminothermie* l'application de l'aluminium à la préparation des métaux et à la production de températures élevées. C'est, comme on sait, M. le Dr Hans Goldschmidt, industriel à Essen, qui a donné à cette métallurgie sa forme la plus parfaite et qui en a développé le plus heureusement les applications. La *Revue* a eu soin de signaler ses procédés dès qu'il les produisit, et, à plusieurs reprises, elle en a décrit quelques variantes[1]. Nous voudrions aujourd'hui présenter au lecteur l'ensemble des méthodes que l'aluminothermie met en œuvre et les résultats qu'elles ont déjà engendrés.

I. — Historique.

L'aluminium, qui sert de base à l'aluminothermie, est un métal tout à fait moderne, puisqu'il n'a guère qu'un demi-siècle d'existence. Il est vrai qu'il fut découvert par Wöhler, en 1827, sous la forme d'une poudre noire, qui ne laissait guère deviner les propriétés du nouveau métal; mais c'est seulement en 1854 qu'on put voir, à l'Exposition Universelle de Paris, le premier lingot d'aluminium, que venait de préparer Henri Sainte-Claire Deville au laboratoire de l'Ecole Normale. Ce fut, pour employer l'expression consacrée, le « clou » de la Chimie à cette exposition. Sainte-Claire Deville l'avait exposé ave la mention très suggestive: *argent de l'alumine*. Il venait d'en faire une étude sommaire, et l'aluminium apparaissait alors avec le triple avantage de posséder l'inaltérabilité des métaux précieux, d'avoir une légèreté inconnue jusqu'ici dans le cercle des métaux communs, et de faire partie de composés largement répandus à la surface du sol. Aussi n'est-il pas difficile de comprendre l'enthousiasme avec lequel ce nouveau-né fut accueilli par les savants et les espérances d'avenir que conçurent les chimistes autour de son berceau.

Un savant danois, M. Thomsen, parvint à démontrer, en 1871, que, si l'aluminium pouvait se combiner directement à l'oxygène, il dégagerait une quantité de chaleur considérable, égale à 131 calories par 16 grammes d'oxygène. Or, les oxydes des métaux précieux sont formés avec des dégagements de chaleur extrêmement faibles ($Ag^2O = 7$ cal.), tandis que les métaux les plus actifs au point de vue chimique, comme le magnésium et les alcalins, dégagent des quantités de chaleur comparables à celle de l'aluminium. Ce dernier métal, contrairement aux résultats expérimentaux de Deville, venait donc se classer ainsi parmi les métaux les plus altérables et les plus susceptibles d'entrer en réaction.

De plus, quand un métal dégage plus de chaleur en se combinant avec l'oxygène qu'un deuxième métal, le premier, chauffé avec l'oxyde du second, doit, en général, prendre son oxygène et mettre le deuxième métal en liberté; or, les frères Tessier avaient chauffé l'aluminium avec un grand nombre d'oxydes sans obtenir, dans la plupart des cas, la substitution. Il y avait donc là une anomalie apparente qui persista en partie jusque dans ces dix dernières années.

En 1893, deux chimistes américains, Green et Wahl, montrèrent, contrairement aux expériences des frères Tessier, que l'aluminium réduit l'oxyde de manganèse et abandonne le métal à l'état libre. Ils arrivèrent ainsi à préparer pour la première fois du manganèse presque pur. Trois ans après, M. Moissan, en cherchant à isoler le vanadium de l'acide vanadique, parvint à démontrer qu'un mélange de poudre d'aluminium et d'acide vanadique, projeté à la surface d'un bain d'aluminium en fusion, s'enflamme et produit une réaction très vive avec mise en liberté du vanadium, qui s'unit à l'aluminium en excès. Il obtint ainsi un alliage d'aluminium et de vanadium. M. Moissan généralisa cette réaction et prépara dans les mêmes conditions des alliages d'aluminium avec le nickel, le molybdène, le tungstène, l'uranium, le titane, le chrome, démontrant ainsi l'universalité des propriétés réductrices de l'aluminium.

La même année, M. Hélouis, dans une communication à la Société d'Encouragement, exposait l'usage qu'il faisait du même métal, depuis plusieurs années, pour préparer des métaux ou des alliages, en chauffant à haute température un mélange d'oxyde et de sciure d'aluminium. La réaction, mise en pratique sous cette forme, est extrêmement vive et donne lieu quelquefois à de violentes explosions. Dans l'action de l'aluminium sur l'oxyde de molybdène, la décomposition fut si violente que l'appentis sur lequel était installé le fourneau de M. Hélouis fut complètement détruit.

Pourquoi l'activité de l'aluminium est-elle restée si longtemps dissimulée? Le fait s'explique facilement si l'on tient compte du mode opératoire des premiers expérimentateurs. Ils chauffent des lingots ou même un seul morceau d'aluminium au milieu de l'oxyde à réduire; l'aluminium s'oxyde superficiellement et s'entoure ainsi d'une croûte d'alumine sans solution de continuité, qui forme

[1] Voyez la *Revue* du 15 janvier 1901 et du 28 février 1903.

un sac dans lequel se trouve isolé l'aluminium. La couche d'alumine est, d'ailleurs, assez résistante pour ne pas se briser, surtout si elle est noyée de tous côtés dans une poudre. On se rend bien compte de ce fait quand on chauffe un fil d'aluminium dans un bec de gaz : la surface du fil se transforme en alumine, qui forme une poche cylindrique continue ; l'aluminium fondu se trouve ainsi séparé de l'oxygène de l'air, et la combustion du fil ne se produit pas. D'ailleurs, la résistance de cette enveloppe est suffisante pour supporter le métal fondu, qui ne coule pas, pourvu toutefois que le diamètre du fil ne soit pas trop grand.

On multipliera les chances de contact en augmentant la surface libre de l'aluminium, c'est-à-dire en prenant de l'aluminium en parcelles aussi fines que possible, en poudre ou en fine limaille. Dès qu'une cause quelconque viendra rompre la couche d'alumine en un point, le contact entre l'oxyde et le métal fondu venant à s'établir, il se produira en ce point une réaction d'autant plus vive que les produits seront surchauffés, je veux dire portés à une température bien supérieure à la température minima nécessaire pour rendre la décomposition possible, et la réaction ainsi amorcée se propagera dans toute la masse.

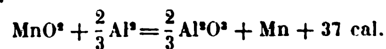
II. — Préparation des métaux.

La méthode de M. Goldschmidt se distingue nettement de celle de ses devanciers par le fait suivant : la chaleur de réaction, qui produit souvent des explosions, est utilisée et canalisée, en quelque sorte, pour la production de la réaction elle-même, tandis qu'autrefois, non seulement cette chaleur était perdue, mais elle se transformait partiellement en travail nuisible, utilisé à réduire en poussière les creusets et les moufles. L'auteur a établi, en effet, qu'il n'est plus nécessaire de chauffer tout le mélange d'oxyde et de poudre d'aluminium à sa température d'inflammation, mais qu'il suffit, au contraire, de provoquer artificiellement l'inflammation en un seul point pour que la réaction se répande de là, plus ou moins rapidement, à travers la masse entière. Il n'est donc plus nécessaire d'opérer dans un fourneau ; il en résulte une économie de combustible indépendamment de la régularisation de la réaction.

Ce n'est pas tout : La possibilité de conduire l'opération à l'intérieur d'un vase sans addition de chaleur extérieure rend la méthode particulièrement facile et pratique. Quand la décomposition se produit brusquement dans un mélange surchauffé, la plupart du temps les vases ne résistent pas à la violence de la réaction ; en outre, ce qui est plus grave, on ne peut trouver, pour la fabrication des creusets, aucune substance susceptible de résister à l'action simultanée du feu extérieur et de la chaleur intérieure. Au contraire, dans la méthode Goldschmidt, les parois extérieures du creuset restent froides pendant la réaction et ne s'échauffent que progressivement par conductibilité, alors que la substitution métallique est déjà terminée. La réaction se fait, en effet, très rapidement et produit ainsi une température fort élevée des masses réagissantes, qui prennent l'état liquide et se superposent suivant l'ordre de leurs densités.

1. *Amorçage de la réaction.* — C'est un fait bien établi qu'une fois provoquée en un point du mélange intime d'oxyde et de poudre d'aluminium, la réaction se propage d'elle-même ; il suffira donc de chauffer fortement un point du mélange. On y arrive simplement en déposant à la surface une petite quantité (quelques grammes) d'un mélange facilement inflammable et susceptible de produire une température élevée. Ce mélange sera fait avec de la poudre d'aluminium et un corps contenant de l'oxygène peu solidement fixé, comme dans les peroxydes. La substance la plus recommandable est le peroxyde de baryum. On pulvérise finement 2 gr. 5 de bioxyde de baryum et on lui ajoute avec précaution 0 gr. 5 de poudre d'aluminium. Le mélange est placé sur la substance à transformer et enflammé à l'aide d'un fil de magnésium plongeant dans ce mélange ou mieux en projetant sur lui une allumette tison enflammée. Il ne faut point pulvériser ensemble dans un mortier le bioxyde et l'aluminium, car ce mélange détone par le frottement de porcelaine sur porcelaine et l'on s'exposerait à se brûler grièvement la main : on mêle simplement les deux poudres sur une feuille de papier avec une baguette de bois.

2. *Vitesse de propagation.* — La vitesse de propagation dépend naturellement de la chaleur dégagée et de l'état physique du mélange. On pourra modifier cette vitesse dans une certaine mesure en prenant de l'aluminium en grains plus ou moins fins, pour réaliser un mélange plus ou moins intime avec l'oxyde ; en outre, quand un métal forme plusieurs oxydes, il peut y avoir intérêt à opérer avec l'un de préférence à l'autre, la chaleur dégagée et, par suite, la température produite variant avec chacun des termes d'oxydation. Par exemple, la préparation du manganèse avec le bioxyde sera plus violente qu'avec le protoxyde ou l'oxyde salin, comme cela résulte des données thermiques :



$$MnO^2 + \frac{2}{3}Al^2 = \frac{2}{3}Al^2O^3 + Mn + 37 \text{ cal.}$$



$$MnO + \frac{1}{3}Al^2 = \frac{1}{3}Al^2O^3 + Mn + 41 \text{ cal. } 2.$$

On pourra donc régulariser la vitesse de propagation par un choix convenable de l'oxyde ou même par l'emploi d'un mélange de plusieurs oxydes du même métal.

Au lieu d'opérer sur le mélange disposé tout entier dans le creuset, on peut se contenter d'en enflammer une petite quantité, et attendre que la réaction soit terminée pour faire une nouvelle addition, et ainsi de suite. On parvient ainsi à faire réagir régulièrement et, par suite, sans aucune projection, des quantités considérables de matière.

3. *Vases à réaction.* — Quelle est la nature des vases dans lesquels on peut appliquer la méthode Goldschmidt? Il est indispensable, d'abord, que ces vases soient suffisamment réfractaires et surtout qu'ils n'interviennent pas eux-mêmes dans la réaction pour apporter des impuretés qui souilleraient le métal préparé. Il semble, *a priori*, qu'il faudrait éliminer les vases réfractaires ordinaires, constitués surtout, comme on sait, par des silicates d'alumine, facilement réductibles par l'aluminium. On peut tourner la difficulté simplement par un brasquage du creuset avec un oxyde irréductible par l'aluminium, c'est-à-dire avec l'alumine ou la magnésie. Sainte-Claire Deville, Caron, Schlœsing ont indiqué successivement la façon d'opérer pour obtenir une brasque solide. Les résultats sont meilleurs avec la magnésie, qui doit avoir été préalablement calcinée à la plus haute température possible. A cet effet, on l'humecte avec 10 à 15 °/₀ d'eau et on en fait une pâte qui est appliquée avec la main ou une matrice en bois sur les parois du creuset, on comprime et l'on sèche. On obtient le même résultat plus rapidement en ajoutant à la magnésie précédente un peu de magnésie préparée à basse température; la pâte fait prise au bout de peu de temps, mais la solidité est moindre par suite du retrait éprouvé par la magnésie non fortement calcinée. M. Schlœsing préfère ne point ajouter d'eau au mélange : il mêle quatre parties en poids de magnésie fortement calcinée, une partie de magnésie cuite au rouge, et comprime le mélange intime sur les parois du vase à une pression de 10.000 kilogrammes par décimètre carré. La brasque ainsi préparée est d'une grande solidité. M. Goldschmidt emploie des creusets de plombagine brasqués intérieurement à la magnésie comprimée; ces creusets sont renforcés par une enveloppe extérieure en tôle.

4. *Pureté des métaux.* — L'aluminium possède pour la plupart des métaux une affinité vraiment remarquable, et il était à craindre qu'une partie de l'aluminium ne s'alliât au métal produit et ne pût intervenir pour achever la décomposition. En réalité, l'expérience démontre que la réduction est théorique, et le métal obtenu est toujours libre d'aluminium quand on prend un léger excès d'oxyde. Il suffit, d'ailleurs, pour se placer dans ce cas, de prendre les proportions théoriques de poudre et d'oxyde; comme la poudre n'est jamais rigoureusement pure, un peu d'aluminium fait toujours défaut.

5. *Avantage de l'aluminium.* — La faible masse atomique de l'aluminium ou, pour mieux dire, la petitesse de son équivalent vis-à-vis de l'oxygène rend ce métal extrêmement avantageux comme agent réducteur : 54 grammes d'aluminium sont combinés dans l'alumine à 3×16 grammes d'oxygène; par suite, $\frac{54}{3} = 18$ grammes du métal suffisent pour s'emparer d'un atome d'oxygène. C'est, en dehors du glucinium et du lithium qui ne peuvent entrer ici en considération, à cause de leur rareté, le métal qui, sous un poids donné, absorbe la plus grande quantité d'oxygène.

Ainsi 18 grammes d'aluminium permettront de préparer 55 grammes de manganèse, 35 grammes de chrome, 206 grammes de plomb.

6. *Préparation des alliages.* — La méthode s'applique à la préparation des alliages. On remplace alors l'oxyde à réduire par un mélange des oxydes des métaux à allier, mélange fait en proportions convenables pour réaliser un alliage de titre déterminé. Par exemple, 82 parties d'acide titanique, 285,7 parties d'oxyde ferrique et 132 parties d'aluminium donneront un ferrotitane à 20 °/₀ de titane.

7. *Préparation du chrome.* — On le prépare par masse de 2 à 300 kilogrammes en une seule opération. La réduction s'effectue dans un grand creuset cylindrique, formé par un assemblage de briques de magnésie maintenues par des cercles de fer. On enflamme une petite quantité du mélange placée d'abord au fond du cubilot, puis on continue à ajouter le mélange à la pelle, de manière à maintenir toujours couvertes les parties incandescentes.

La réaction s'effectue dans le plus grand calme, et rien ne la manifeste à l'extérieur. Ce n'est qu'à la fin de l'opération, quand l'incandescence atteint la surface libre, que l'on peut se rendre compte de la haute température réalisée. Après 36 heures de refroidissement, on desserre les cercles de fer, on enlève les briques de magnésie qui se détachent assez facilement; il reste un cylindre de corindon superposé sur le cylindre de chrome encore rouge.

Le chrome exempt de carbone présente un avantage considérable pour la fabrication des aciers

chromés. Jusqu'au jour où M. Moissan est parvenu à préparer du chrome pur au four électrique, les métallurgistes ne disposaient que de ferrochromes dosant au maximum 65 °/₀ de chrome et de 8 à 12 °/₀ de carbone; ils se trouvaient, par suite, limités dans l'addition de chrome à leurs aciers par la nécessité de ne pas dépasser une certaine dose de carbone; au contraire, avec le chrome préparé par l'aluminium, la teneur totale en carbone n'est pas modifiée par l'incorporation du chrome. L'usage de ce chrome, qui se vend aujourd'hui 7 fr. 50 le kilog, se généralise de plus en plus.

8. *Autres métaux et alliages.* — Le manganèse pur se prépare de la même façon. Il s'allie facilement au cuivre, à l'étain, au zinc; les alliages de cuivre riches en manganèse servent comme intermédiaires pour la préparation d'alliages utilisés dans la pratique. L'alliage à 5 °/₀ de manganèse est résistant; il se laisse facilement étirer et forger. Malgré le prix fort élevé de ce manganèse pur, comparé à celui des ferromanganèses des hauts fourneaux, il trouve emploi pour la préparation de bons produits cupro-manganésifères, car il est seul à donner des bronzes denses et non poreux.

Le manganèse Goldschmidt est aussi employé comme agent de désoxydation après la coulée des métaux, concurremment avec l'aluminium et le magnésium; il intervient aussi dans la fabrication d'aciers spéciaux au manganèse. Ce métal se vend actuellement 6 fr. 50 le kilog.

M. Goldschmidt prépare également pour la métallurgie des ferrotitanes et manganotitanes, des ferrobores et boromanganèses dosant de 20 à 25 °/₀ de l'élément métalloïdique.

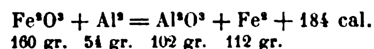
9. *Corubis.* — Comme produit secondaire de la préparation du chrome, on obtient de l'alumine fondue qui présente une dureté remarquable. L'expérience a démontré que le corindon artificiel est plus dur que le corindon naturel et constitue, par conséquent, une matière précieuse pour la fabrication des meules à aiguiser. Sa dureté est telle que les diamants noirs employés à la perforation peuvent à peine l'entamer; en revanche, il est cassant, et le travail de sa porphyrisation n'est pas coûteux. Les meules fabriquées avec cette nouvelle matière, à laquelle l'auteur a donné le nom de *corubis*, présentent un grand pouvoir d'affilage en même temps qu'une forte résistance à l'usure.

La présence d'un peu de chrome dans le corindon a pour effet, comme on le sait depuis longtemps, de le transformer en rubis; aussi le corindon qui provient de la préparation du chrome contient-il toujours dans ses géodes de nombreux petits cristaux de rubis naturel. Ils n'ont malheureusement aucune valeur commerciale, à cause de leurs dimensions trop réduites.

III. — Action de l'Aluminium sur le sesquioxyde de fer.

M. Goldschmidt n'a pas limité ses recherches à la préparation des métaux et de leurs alliages; il s'est efforcé, avec une persévérance remarquable, de rendre utilisable la haute température produite dans l'action de l'aluminium sur les oxydes. Pour cela, M. Goldschmidt se sert d'un mélange en proportion à peu près théorique d'aluminium et de sesquioxyde de fer divisés, auquel il a donné le nom de *thermite*.

La réaction se traduit qualitativement et quantitativement par l'équation suivante :



$$\underset{160\text{ gr.}}{Fe^2O^3} + \underset{54\text{ gr.}}{Al^2} = \underset{102\text{ gr.}}{Al^2O^3} + \underset{112\text{ gr.}}{Fe^2} + 184 \text{ cal.}$$

214 grammes de thermite donnent théoriquement 112 grammes de fer. Mais, comme il est nécessaire d'ajouter au mélange un léger excès d'oxyde de fer pour empêcher l'aluminium de s'allier au fer, le poids de la scorie se trouve augmenté, de telle sorte que 1 kilog de thermite fournit après réaction 1 demi-kilog de fer et par conséquent 1 demi-kilog d'alumine fondue. La réaction est, d'ailleurs, si régulière qu'il suffit de peser 1 kilog de thermite, de provoquer la réaction et de peser le culot de fer devenu libre pour obtenir toujours le même poids si le mélange a été bien préparé. C'est le procédé suivi par les sociétés qui exploitent les brevets Goldschmidt pour vérifier, à chaque préparation nouvelle, si le mélange a été bien fait.

Les poids égaux d'alumine et de fer liquides qui se superposent dans le creuset suivant l'ordre de leurs densités n'occupent pas des volumes égaux, mais des volumes inverses de leurs densités, 3,7 et 8. La présence de l'oxyde de fer en excès dans la scorie en diminue la densité, de même que les vides qui s'y forment toujours; aussi pour 1 volume de fer recueille-t-on sensiblement trois volumes de corindon.

Jusqu'ici la température à laquelle se trouvent portés les produits de la réaction n'a pas été déterminée expérimentalement. M. Goldschmidt l'évalue à environ 3.000°; elle dépasse de beaucoup la température du chalumeau oxhydrique, mais n'atteint pas celle de la volatilisation du charbon réalisée dans le four électrique. Il serait, sans doute, possible de la déterminer avec une précision suffisante en observant avec la lunette pyrométrique de M. Le Chatelier la surface libre du fer au fond du creuset pendant qu'on effectue la coulée de son contenu.

Quoi qu'il en soit, il est facile de se rendre compte *a priori* de l'élévation de température réalisée dans cette action réductrice de l'aluminium.

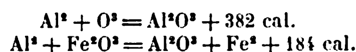
La température obtenue dépend de la quantité de chaleur dégagée et de la vitesse de la réaction. Or, c'est un fait établi par l'expérience que, même en opérant avec 300 kilogs de thermite, la réaction est terminée vingt secondes après l'inflammation.

Pendant ce temps extrêmement court, la chaleur dégagée n'a pas le temps de se communiquer aux parois du creuset en magnésie, qui reste froid à l'extérieur, et la seule perte éprouvée se produit par la surface libre de la masse liquide. La chaleur se porte donc presque tout entière sur le mélange de fer et d'alumine, comme on peut s'en rendre compte en observant l'expérience.

Allumons, par exemple, un mélange de 300 kilogs de thermite; la réaction est terminée au bout de vingt secondes. Chaque kilog de thermite dégage en brûlant 860 calories; les 300 kilogs produiront l'énorme quantité de chaleur de 258.000 calories, qui seront utilisées presque intégralement à fondre l'alumine et le fer et à élever leur température. Toute cette chaleur sera donc répartie sur une masse de 300 kilogs, occupant seulement un volume d'environ 70 litres. En la traduisant en kilogrammètres, on arrive au chiffre énorme de 110 millions, soit environ 1.400.000 chevaux-vapeur. L'équivalent calorifique de ces 1.400.000 chevaux est produit pendant dix secondes dans un espace de 70 litres, ce qui conduit par seconde à 1 millier de chevaux-vapeur occupés *effectivement* à échauffer une masse occupant le volume de 1 litre.

La température sera nécessairement d'autant plus élevée que l'on opérera sur de plus grandes quantités de matière, car le rayonnement superficiel, quoique très faible, peut acquérir une importance relative considérable quand on n'agit que sur de petites masses.

Il semble, *a priori*, qu'on pourrait encore élever la température en substituant, dans la combustion de l'aluminium, l'oxygène libre à l'oxygène du sesquioxyde de fer :



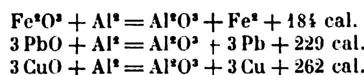
$$Al^2 + O^3 = Al^2O^3 + 382 \text{ cal.}$$
$$Al^2 + Fe^2O^3 = Al^2O^3 + Fe^2 + 184 \text{ cal.}$$

On double, en effet, la quantité de chaleur pour un même poids d'aluminium, et, de plus, cette chaleur se répartit seulement sur l'alumine, c'est-à-dire sur une masse moitié moindre.

Un mélange d'aluminium et d'oxygène liquide s'enflamme facilement et brûle en donnant une lumière éblouissante; mais il est nécessaire d'employer une quantité d'oxygène bien plus grande que la quantité théorique, car la majeure partie se volatilise et échappe ainsi à la réaction en emportant avec elle une partie de la chaleur; il convient donc d'ajouter l'oxygène progressivement, ce qui ralentit la vitesse de combinaison, et donne, par suite, une plus grande part aux influences refroidissantes de la conductibilité et du rayonnement. L'expérience seule pourra décider s'il est possible d'atteindre ainsi des températures plus élevées; mais, dès à présent, ce procédé doit être éliminé des applications courantes à cause du prix de l'oxygène liquide et de la consommation exagérée que nécessiterait son emploi.

Il apparaît donc nettement que l'usage d'un oxyde peut seul être pratiqué malgré la déperdition d'énergie due à la combinaison préalable de l'oxygène.

Peut-on trouver des oxydes plus avantageux que l'oxyde de fer? Un oxyde moins exothermique que le colcothar donnerait plus de chaleur pour un même poids d'aluminium. On ne peut, toutefois, s'abaisser au-dessous d'une certaine chaleur de formation dans le choix d'un oxyde, car cet oxyde, fortement chauffé par les portions réagissantes, se dissocierait en dégageant de l'oxygène, qui projetterait les matières fondues et échapperait en partie à l'action du métal réducteur. Deux oxydes métalliques assez communs, ceux de cuivre et de plomb, peuvent entrer ici en considération :



$$Fe^2O^3 + Al^2 = Al^2O^3 + Fe^2 + 184 \text{ cal.}$$
$$3\,PbO + Al^2 = Al^2O^3 + 3\,Pb + 229 \text{ cal.}$$
$$3\,CuO + Al^2 = Al^2O^3 + 3\,Cu + 262 \text{ cal.}$$

La substitution de la litharge au colcothar donnerait un gain de chaleur de 25 °/₀, par conséquent une température plus élevée, quoique la capacité calorifique du système $Al^2O^3 + 3Pb$ soit plus grande que celle de $Al^2O^3 + Fe^2$. Avec l'oxyde cuivrique, le bénéfice calorifique dépasserait 40 °/₀. Ces oxydes ne peuvent malheureusement remplacer l'oxyde ferrique à cause de la volatilisation des métaux correspondants; le plomb et le cuivre, en s'isolant dans la réaction à l'état de vapeurs, donnent lieu à des explosions extrêmement dangereuses aussitôt qu'on opère sur des quantités un peu notables.

L'oxyde de fer ne peut donc être remplacé : c'est une conséquence de son bon marché et de la non-volatilité du métal. Nous verrons, d'ailleurs, que le fer lui-même n'est pas sans utilité.

Tout l'intérêt du mélange thermite, au point de vue de la production de hautes températures, réside dans la stabilité de l'alumine et dans la fixité du fer : en effet, l'élévation de la température de corps non dissociés n'est limitée que par la quantité de chaleur disponible, et l'absence de corps gazeux permet à cette chaleur de se répartir sur une masse peu volumineuse.

Il est facile de mettre en évidence la haute température du mélange thermite après la réaction.

Un faisceau de barres carrées en acier de 4 centimètres de côté fond complètement en quelques secondes quand on le plonge dans le creuset.

Un bloc de fer carré de 25 centimètres sur lequel on laisse couler le métal thermite (après décantation de l'alumine) présente une encoche de 2 centimètres de largeur sur le tiers de sa section.

Ou peut, avec le filet de fer coulant aussitôt après la réaction, percer instantanément une tôle de 25 millimètres d'épaisseur, comme j'ai eu occasion de le faire publiquement au Conservatoire des Arts et Métiers. La plaque, légèrement inclinée, est placée à 20 centimètres du trou de coulée du creuset automatique dont je parlerai plus loin. Aussitôt que le jet de fer liquide arrive sur la

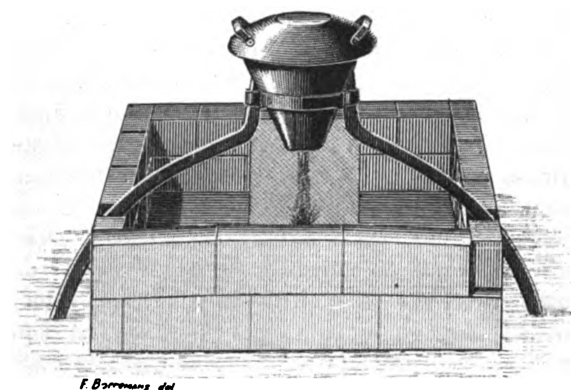


Fig. 1. — *Plaque de fer percée par un filet de fer liquide.*

plaque, il la perce immédiatement et forme un trou à bords vifs de la grosseur du doigt, tandis que la plaque elle-même, par suite de la rapidité de l'opération, n'a pas le temps de s'échauffer (fig. 1).

En résumé, la thermite constitue un mélange précieux pour accumuler rapidement, dans un petit volume, des quantités de chaleur considérables. Comment utiliser cette chaleur facilement disponible? Tel est le problème que s'est proposé de résoudre M. Goldschmidt.

Tout d'abord, cette alumine et ce fer portés vers 3.000° peuvent-ils être maniés commodément ou présentent-ils des dangers susceptibles d'en limiter l'emploi?

La réaction donne lieu à la production de quelques étincelles, qui disparaissent quand le mélange est bien sec. Il est donc nécessaire de conserver la thermite à l'abri de l'humidité, dans des vases fermés, et de dessécher préalablement les creusets par l'introduction de quelques morceaux de coke ou de charbon incandescents.

On éloigne naturellement du voisinage tout combustible d'une inflammation facile. D'ailleurs, le pire qui puisse arriver, le renversement du creuset, ne présente aucun inconvénient quand on opère sur un sol en pierres ou en briques couvert de sable, car l'alumine se solidifie presque instantanément sur le lieu même de la chute, tandis que le fer, moins volumineux, l'entoure sans se répandre davantage. Il importe surtout que les substances liquides surchauffées n'arrivent pas au contact de corps humides, car la production brusque de vapeurs entraînerait des projections dangereuses de la matière incandescente.

Le mélange thermite ne s'enflamme pas au contact du feu d'un foyer ordinaire et aucune commotion ou choc n'a pu jusqu'ici en provoquer la réaction. Il constitue donc une matière absolument inoffensive, transportable et maniable sans le moindre danger.

IV. — Soudure des tubes.

Pour appliquer la chaleur emmagasinée par la thermite à la soudure de deux tubes de fer ou d'acier, il faut verser autour du joint, dans un moule approprié, une quantité convenable du mélange chaud afin de porter les tubes au blanc soudant.

Une dose trop élevée fondrait les tubes, une dose trop faible produirait un échauffement insuffisant.

De plus, la masselotte de corindon et fer solidifiée autour du joint doit pouvoir se détacher facilement et ne pas faire corps avec le métal des tubes. Enfin, pour que les surfaces à souder se mêlent et s'unissent intimement, il est nécessaire de produire un travail de forgeage approprié.

L'expérience démontre d'abord que le fer et l'alumine liquides s'écoulent complètement du creuset, qu'il n'en reste que des traces insignifiantes sur les parois et qu'ainsi un même creuset peut servir un grand nombre de fois. En outre, l'opération de la coulée est simple et sans danger; il suffit de se protéger les yeux par des lunettes en verre foncé, pour n'être pas aveuglé et distinguer l'entonnoir de coulée.

Le fer coulé autour du joint ne pouvant venir en contact avec la matière du tube sans s'y fixer d'une manière parfaite, il était donc nécessaire de trouver une substance capable d'isoler le fer ou de restreindre la coulée à l'emploi du corindon.

L'alumine remplit heureusement ce rôle d'isolant. Elle possède la propriété de mouiller les parois froides des tubes et de se solidifier aussitôt à leur contact en formant un enduit solide qui séparera ces parois du corindon et du fer liquides continuant à s'écouler. Grâce à cet enduit, il sera facile, après refroidissement, de séparer la mas-

selotte solide des tubes et du moule en feuilles de tôle.

Cette couche solide intermédiaire est, d'ailleurs, suffisamment conductrice, comme les études de Nernst l'ont montré, pour tous les corps qu'il a appelés les électrolytes de seconde classe.

Le travail de forgeage peut être effectué très simplement. Les deux tubes, placés l'un contre l'autre, sont maintenus dans cette position à l'aide d'un appareil de serrage dont toutes les parties sont en dehors du moule. Quand les tubes sont fortement chauffés par la thermite incandescente, ils tendent à s'allonger; mais l'appareil de serrage resté froid, dont la longueur n'a par conséquent pas varié, s'oppose à la dilatation et produit la pression nécessaire pour le soudage. Le travail de forgeage se fait donc automatiquement. On augmente, d'ailleurs, cette pression en agissant légèrement, au moment opportun, sur les écrous des boulons de l'appareil de serrage.

Il est possible maintenant de comprendre tous les avantages d'un semblable procédé :

1° La quantité de chaleur nécessaire à la soudure peut être mesurée exactement, pesée en quelque sorte sous forme de thermite, et appropriée à chaque dimension de tubes. Dans les autres procédés, utilisant le feu de forge, le chalumeau oxhydrique, l'électricité, la quantité de chaleur à fournir à la pièce est déterminée uniquement par l'œil exercé du soudeur. En conséquence, la soudure aluminothermique peut être conduite facilement par des ouvriers inexpérimentés et sans éducation spéciale;

2° Grâce à la haute température du mélange calorifique, il suffit de couler autour du tube une masselotte de faible volume, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'un espace bien grand autour des parties à joindre, et il est souvent possible de faire des soudures aluminothermiques là où d'autres procédés seraient inapplicables;

3° La soudure se faisant à l'abri de l'air, la surface de la partie chauffée reste complètement inaltérée sous la couche protectrice de corindon et ne peut subir l'influence de l'oxygène. Les parties soudées, noyées dans la masse de corindon et de fer solidifiés, ont, en outre, l'avantage de se refroidir lentement;

4° Enfin, et c'est là sans doute le plus important des avantages, alors que les procédés de soudure électrique, oxhydrique, etc., exigent des appareils volumineux, le procédé aluminothermique se fait remarquer par la simplicité de son matériel. Il suffit d'avoir à sa disposition un creuset, un moule, un appareil de serrage et le mélange réagissant pour pouvoir faire des soudures. La légéreté et la mobilité de ce matériel rudimentaire permettent de faire des soudures en dehors de l'usine et dans l'endroit même où sont les pièces à souder.

Je suppose que l'on veuille souder, comme cela a été fait au Conservatoire des Arts et Métiers, deux tubes de 59 millimètres de diamètre extérieur, avec une épaisseur de parois de 4 millimètres.

Les surfaces à souder, préalablement bien nettoyées, sont maintenues dans une coïncidence parfaite au moyen de l'appareil de serrage. On adapte autour du joint un moule en plaques de tôle de 1 mil. 5 d'épaisseur, qui entoure en fer à cheval la partie inférieure des tubes placés horizontalement et présente en haut une ouverture de coulée sur toute sa longueur. Ce moule, long de 10 centimètres, laisse entre les tubes un écart de 10 millimètres pour les dimensions indiquées plus haut. On l'entoure de sable fin maintenu dans une boîte en tôle.

Tout est prêt maintenant pour la soudure. On doit employer ici 1 kil. 100 de thermite. Dans un creuset en magnésie de 12 centimètres de hauteur totale, on verse un quart à un demi-kilogramme de thermite qu'on enflamme par le procédé ordinaire; le reste de thermite est ajouté progressivement de manière à maintenir toujours couverte la partie incandescente. Aussitôt que le dernier point noir a disparu de la surface brillante, on soulève le creuset au moyen d'une forte pince et l'on verse son contenu dans le moule. La réaction et la coulée doivent se faire rapidement pour obtenir un bon soudage.

Il faut absolument éviter de verser le contenu du creuset directement sur les tubes, mais bien dans l'espace compris entre le moule et le tube. On y arrive simplement en couvrant le moule d'un morceau de brique plate, qui ne laisse qu'une ouverture au-dessus de l'espace compris entre le moule et le tube.

Le blanc soudant est atteint une minute un quart après le remplissage du moule. On serre alors les écrous des boulons de l'appareil de serrage, de manière à les faire avancer de 2 millimètres; la soudure est terminée.

Avec un peu d'habitude, on reconnaît facilement le moment précis de la soudure à la facilité avec laquelle les écrous se laissent serrer. Quand on juge le refroidissement suffisant, on enlève le moule et l'on détache à l'aide d'un coup de marteau la masse solidifiée autour du joint.

M. Goldschmidt a déterminé, pour chaque dimension et chaque épaisseur de tube, la grandeur du moule, le poids de thermite, le moment du serrage à partir de la coulée. Ainsi, des tubes de 152 millimètres de diamètre intérieur avec des parois de 8 millimètres d'épaisseur exigent 11 kilogrammes de thermite, un moule donnant une masselotte de

20 centimètres de longueur et de 29 millimètres d'épaisseur ; la pression doit être exercée deux minutes et quart après la coulée.

Lorsque le diamètre des tubes dépasse 12 à 13 centimètres, le moule doit être formé par une enveloppe complète afin de répartir la chaleur plus uniformément. Il présente alors un canal de coulée latéral avec un orifice d'échappement de l'air à la partie supérieure (fig. 2). Il est quelquefois indispensable de souder les tubes dans une position oblique ou verticale ; les moules, tout en conservant les mêmes dimensions, doivent alors être disposés d'une autre façon.

Pour les tubes verticaux, le moule a la forme d'un cylindre concentrique aux tubes avec une petite rigole latérale pour la coulée. Dans ce cas particulier, la masse figée autour du joint doit être détachée trois à quatre minutes après la coulée ; sans cette précaution, l'anneau de fer qui se forme autour du moule devrait être scié.

La soudure aluminothermique paraît donner de bons résultats. Des essais à la traction, au choc, à la flexion (fig. 3), montrent que les parties jointes ne forment pas une zone de plus faible résistance, quand la soudure a été bien faite. Je citerai, par exemple, les essais dirigés par l'ingénieur de la marine russe Rsheschotarski à l'arsenal d'Obuchow. Une portion plane, détachée à la surface d'un grand tuyau soudé, puis soumise à l'épreuve de la presse Kirkaldi, se brisa non pas à la soudure, mais à une

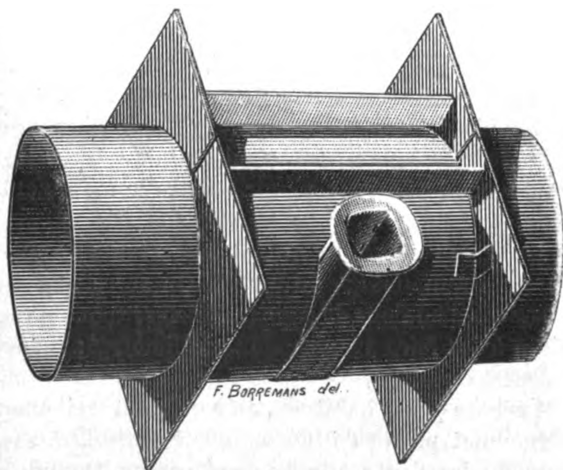


Fig. 2. — *Soudure des gros tubes ; dispositif avant la coulée.*

certaine distance de celle-ci. La section du tuyau, pratiquée suivant une génératrice, ne laissa pas reconnaître la place du joint après polissage ; cependant, un examen microscopique avec un grossissement superficiel de 15.600 accusa tout le long de la ligne de soudure une rangée de petites cavités.

Le même procédé, appliqué à la soudure de tuyaux Perkins, à la fabrique de produits chimiques Wilhelmi à Leipzig, a toujours donné une garantie absolue de sûreté, quoiqu'il se produise parfois dans les tuyaux une surpression de plusieurs centaines d'atmosphères.

Ce nouveau procédé pourra se substituer avantageusement aux joints ordinaires dans les conduites de vapeur, les tuyaux de chauffage, les canalisations d'air comprimé, d'acétylène, de pétrole, de liquides caustiques, les tubes pour machines frigorifiques ; il paraît avoir été appliqué surtout dans les usines de produits chimiques à Hœchst, à Schalke, à Eberfeld, etc.

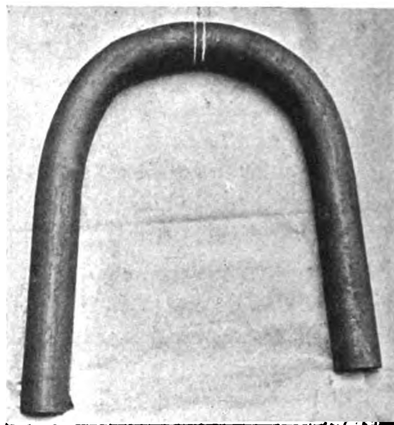


Fig. 3. — *Tube courbé à froid à l'endroit de la soudure.*

Dans l'enceinte de l'Exposition de Dusseldorf, se trouvait une canalisation de 100 mètres de longueur établie par la soudure aluminothermique ; elle reliait un générateur et une machine avec une pression de vapeur de 11 atmosphères.

Le peu de place nécessaire à l'opération rend la soudure Goldschmidt importante pour la fabrication et la réparation de serpentins de toutes sortes. Après la courbure des tubes, il se présente quelquefois des défauts qui enlèveraient toute valeur à la pièce si l'on ne pouvait les corriger d'une façon simple et rapide ; il suffit de couper la partie défectueuse et de la remplacer. J'ai vu également à Dusseldorf un serpentin formé par une vingtaine de spires ; on avait multiplié intentionnellement les soudures ; chaque spire était réunie à la suivante par un joint. Pendant les six mois d'exposition, le serpentin conserva intégralement une pression de 30 atmosphères.

Le nombre des joints faits en 1902 a dépassé 30.000.

Le même mode opératoire peut s'appliquer exactement à la soudure de barres carrées, rondes ou de profils variés. Les barres rondes de 25 millimètres de diamètre exigent 1 kilog de thermite. Cette quantité augmente rapidement avec la section

(46 kilogs pour 1 diamètre de 13 centimètres); aussi convient-il pour les barres un peu fortes d'opérer différemment.

V. — Brasage du fer.

La réaction de l'aluminium sur l'oxyde de fer ne produit pas seulement de la chaleur accumulée à haute température, par conséquent sous une forme commode pour la rapidité des échanges calorifiques : elle fournit en même temps du fer à cette haute température.

Par l'emploi de matériaux suffisamment purs, le fer obtenu est forgeable, malléable; il se rapproche beaucoup par sa composition des fers suédois provenant de fonte au bois.

Le mélange préparé par M. Goldschmidt donne un fer présentant une résistance à la rupture de 38 kil. 7 par millimètre carré, avec un allongement de 19 °/₀. Sa composition ne s'éloigne guère de la moyenne suivante :

C	0,10 °/₀	Ph.	0,04 °/₀
Mn	0,08	Cu.	0,09
Si	0,09	Al.	0,07
S	0,03		

L'aluminium n'existe dans ce fer qu'en très petite quantité, grâce à l'excès d'oxyde de fer du mélange. Toutefois, on n'obtient ce bon résultat qu'à la condition d'avoir une thermite bien homogène; comme le transport sépare facilement les constituants du mélange, on aura toujours soin, avant l'opération, de lui rendre son homogénéité par une agitation convenable.

On conçoit facilement qu'un semblable métal, préparé instantanément en quantité aussi grande que l'on veut et à une température voisine de 3.000°, soit susceptible de recevoir de nombreuses applications.

Le fer aluminothermique, coulé sur une pièce de fer, de fonte ou d'acier, ramollit ou même fond les parties en contact avec lui et, après refroidissement, une soudure intime de ce fer avec la pièce-mère se trouve ainsi réalisée. Il est donc possible, avec un matériel peu compliqué, d'effectuer partout la soudure de fer sur fer, comme on réalise la soudure de plomb sur plomb.

Il faut éviter dans ces opérations que le corindon ne vienne en contact avec la surface à souder; des traces de corindon mouilleraient les parties froides de cette surface et formeraient, comme on l'a dit, un enduit isolant qui s'opposerait à la soudure. On décante du creuset le corindon liquide plus léger et l'on achève d'enlever les dernières traces à l'aide d'une barre de fer froide promenée à la surface; l'alumine liquide mouille cette barre froide et y adhère aussitôt en se solidifiant.

La décantation doit être conduite rapidement afin de diminuer la perte de chaleur.

On opère plus simplement et plus commodément à l'aide du creuset dit automatique (fig. 4). Le creuset automatique est formé par un entonnoir conique A en tôle, doublé intérieurement par un revêtement en magnésie. Au sommet du cône, par conséquent à la base du creuset, se trouve percée dans une brique de magnésie une ouverture d'écoulement mesurant au maximum 10 à 15 millimètres de diamètre. La réaction terminée, on ouvre ce trou de coulée; le fer, plus lourd, s'écoule d'abord, arrive dans le moule au contact des parties à souder; puis le corindon, coulant à son tour, maintient le tout à haute température et empêche un refroidissement trop rapide.

Pour une opération, on prépare le creuset de la façon suivante : on bouche l'ouverture de coulée en superposant au fond du creuset un disque

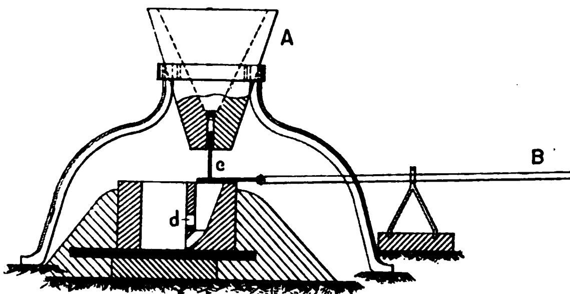


Fig. 4. — *Creuset automatique muni de son dispositif à levier pour la coulée.* — A, creuset; *c*, tige de fer; B, levier; *d*, trop-plein.

d'amiante et un disque de fer qui sont recouverts ensuite d'une mince couche de sable fin ou de magnésie. La charge de thermite tout entière est introduite dans le creuset, dont les dimensions sont en relation avec la quantité de fer à produire.

Pour déboucher le trou de coulée, on dispose dans cette ouverture une tige de fer *c* suffisamment longue et maintenue au moyen d'un dispositif à levier B (fig. 4), sur lequel il suffira d'agir pour soulever le disque d'amiante et laisser écouler le fer.

Pour souder, par exemple, comme je l'ai fait au Conservatoire, un disque de fer de 28 millimètres d'épaisseur et de 10 centimètres de diamètre sur une tôle de chaudière de 20 millimètres, on dispose sur la tôle, placée horizontalement, un moule cylindrique en terre muni d'un entonnoir de coulée latéral, et l'on fait arriver dans ce moule le produit de la réaction de 3 kilogs de thermite. Il suffit ensuite de briser le moule et de détacher le corindon par un coup de marteau pour que la soudure soit terminée.

Le fer de thermite est particulièrement précieux pour la réparation de pièces défectueuses, cassées

ou usées (fig. 5). A ce point de vue, il a déjà reçu de nombreuses applications.

Dans tous les cas, la partie de la pièce à réparer est entourée d'un moule dont la surface de soudure forme le fond. Ce moule possède la plupart du temps un entonnoir de coulée latéral, débouchant à la partie inférieure, de sorte que le fer extrêmement chaud arrivant du creuset apporte sa chaleur dans le zone de soudure. Pour éviter de faire suivre au



Fig. 5. — *Bielle avec une forte fissure en a, après la coulée.*

corindon le même chemin, on prévoit dans l'établissement du moule un trop-plein horizontal à hauteur convenable *d* (fig. 4 et 11). Le laitier s'écoule alors sur le fer, qu'il maintient longtemps liquide, et le retrait peut s'effectuer dans de bonnes conditions. Il n'est pas nécessaire, dans la plupart des cas, d'utiliser tout le corindon, qui est près de trois fois plus volumineux que le fer; on peut laisser écouler l'excès par une sortie appropriée *d* (fig. 6).

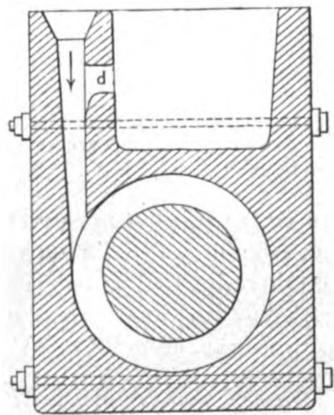


Fig. 6. — *Coulée d'un anneau de fer autour d'un arbre de 245 mm. de diamètre. — d*, trop-plein.

Le fer doit toujours être coulé sur une surface débordant de 10 à 25 millimètres la zone de soudure, parce que les bords ne se soudent pas aussi uniformément que les parties centrales. On peut remédier à cet inconvénient, surtout quand l'épaisseur du fer coulé est faible, en projetant sur ce fer, aussitôt après la coulée, un peu de thermite qui réagit immédiatement, élève la température et facilite par conséquent la soudure à la pièce-mère.

Le fer de thermite présente en moyenne une résistance de 38 kil. 7 par millimètre carré; on peut améliorer ses qualités en lui incorporant un peu de silicium ou de manganèse. Une addition de 3 à 5 grammes de ferrosilicium ou mieux de silicospiegel suffit pour 1 kilog de thermite. Il est bon d'y joindre du manganèse pur ou du ferromanganèse à haute teneur dans les mêmes proportions. On améliore aussi la texture du métal en lui ajoutant des traces de titane (1 à 2/1.000); le mieux, dans ce cas, est d'employer de 2 à 4 grammes de manganèse-titane à 30 °/₀ par kilog de thermite.

Toutes ces additions ne doivent pas se faire avant la réaction, car le manganèse et le titane pourraient s'oxyder au contact de l'oxyde de fer en même temps que la dose d'aluminium augmenterait dans le métal. On dépose ces substances divisées en petits fragments dans le moule ou sur le fond du creuset conique.

On peut aussi transformer le fer en acier par une addition convenable de fonte, et obtenir à la sortie du creuset automatique un acier ayant exactement la même composition que celui de la pièce à réparer. La fonte, concassée en morceaux de la grosseur d'une noisette, est projetée pendant la réaction dans le creuset, ou mieux encore ajoutée à l'état liquide, ce qui permet d'augmenter la dose sans enlever au métal ses propriétés soudantes.

Le fer thermite permet de souder économiquement des barres massives. On coule simplement le fer dans un intervalle de 10 à 15 millimètres ménagé entre les deux surfaces à souder, et l'on organise le moule pour que le fer coulé déborde de 10 à 20 millimètres sur les barres. Cette partie saillante, que l'on fait disparaître ensuite, est indispensable pour rendre la soudure bien homogène.

Lorsque la présence d'un anneau métallique ne présente aucun inconvénient, on peut aussi couler un anneau de fer autour des deux barres pressées l'une contre l'autre.

Les soudures ainsi faites sont très résistantes quand le fer est bien ductile.

Trois barres carrées de 4 centimètres de côté ont donné une résistance à la rupture variant de 41,7 à 44,4 kilogs par millimètre carré, et un allongement de 20,5 à 22 °/₀ (teneur en carbone : 0,8 à 0,11 °/₀). La rupture ne se produisit pas à la soudure. Ces bons résultats paraissent dus, au moins en partie, à ce fait important que l'opération de la soudure est faite à l'abri de l'air.

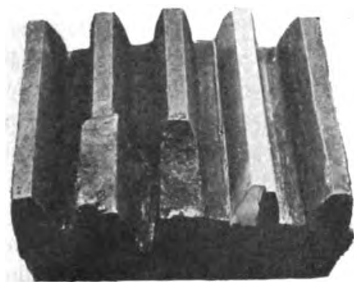
La soudure annulaire est appliquée pour relier entre eux les arbres de transmission ou les réparer après rupture (fig. 6). Pour des arbres de 30 centimètres de diamètre, par exemple, la largeur de l'anneau doit être de 10 centimètres, et son épaisseur de 5 centimètres; on fait intervenir alors une centaine de kilogs de thermite.

Aux Chantiers maritimes Lesters et Perkins, à Londres, des sections pratiquées dans des arbres ainsi reliés ont indiqué une bonne soudure.

La figure 7 représente un fragment d'une énorme roue dentée, dont trois dents voisines ont été cassées. La dent du milieu n'est pas réparée, elle montre l'état des trois dents après la fracture; celle de gauche a été complétée par une coulée de fer dans un moule approprié; enfin, celle de droite

a été travaillée de façon à reconstituer le profil primitif. Afin de montrer que cette dent a été réellement réparée, on a laissé subsister une partie en saillie. La figure 8 est la reproduction d'une roue entière présentant les mêmes particularités.

Quand il s'agit de combler des fissures, on commence par les élargir pour laisser pénétrer à leur intérieur une quantité de fer suffisante pour ramollir les surfaces.


Fig. 7. — *Fragment d'une grosse roue dentée en partie réparée par la méthode aluminothermique.*

Les gros tuyaux en fer de la figure 9, qui présentaient après cintrage quelques fissures, ont été facilement réparés. Les quatre fissures *a*, *b*, *c*, *d* indiquent les diverses phases de l'opération; on voit en *a* la fissure initiale; en *b* le moule est disposé pour la coulée; en *c* la coulée est terminée; le moule et le corindon enlevés, il ne reste que la petite masselotte de fer soudé; enfin, en *d* l'opération est achevée par un travail à la lime.

Le fer thermite permet de corriger facilement les soufflures qui apparaissent parfois à la surface de grosses pièces en acier moulé, au moment du rabotage (fig. 10). Plusieurs étambots de navires ont été ainsi améliorés par la méthode aluminothermique.


Fig. 8. — *Roue dentée en partie réparée par la soudure aluminothermique.*

Le fer soudé peut posséder les mêmes propriétés mécaniques que les pièces laminées reliées. Il n'est pas nécessaire, en effet, de passer par le forgeage et le laminage pour obtenir des aciers de grande résistance. La fabrication des pièces en acier moulé, qui a fait tant de progrès depuis une dizaine d'années, permet d'obtenir couramment de l'acier avec une résistance fixée à l'avance. Les roues des wagons, des locomotives ont des résistances variant de 37 à 44 kilogs; les pièces moulées de la marine atteignent des valeurs plus élevées, 45 à 50 kilogs; les cylindres de presse hydraulique, les arbres de machine à vapeur sont de 45 à 50 kilogs; enfin, certains métallurgistes coulent en aciers spéciaux des pièces dont la résistance peut atteindre 70 kilogs avec des allongements de 18 %. Ces résultats, bien connus des praticiens, suffisent pour établir la possibilité d'obtenir des aciers de propriétés mécaniques variées par une simple coulée.

Enfin, j'ajouterai qu'il sera toujours convenable de recuire les parties soudées exposées à de grands efforts. Le recuit, suivi d'un lent refroidissement, a pour effet de faire disparaître les tensions nuisibles et de rendre la texture plus fine.

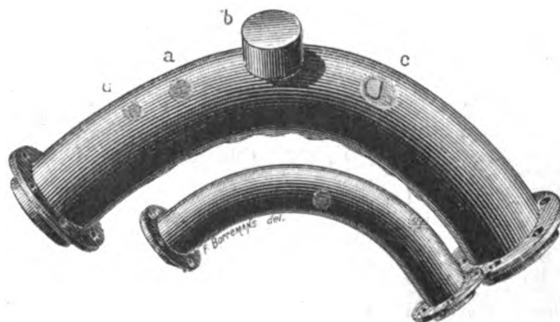


Fig. 9. — *Gros tuyaux de fer en voie de réparation par le procédé Goldschmidt.*

VI. — Soudure des rails.

Dans la soudure des tubes, on ne fait intervenir que la chaleur dégagée par la réaction aluminothermique; dans la réparation des pièces manquées ou usées, on n'utilise que le fer, mis en liberté avec sa haute température. On peut combiner les deux modes opératoires et réaliser un procédé intermédiaire.

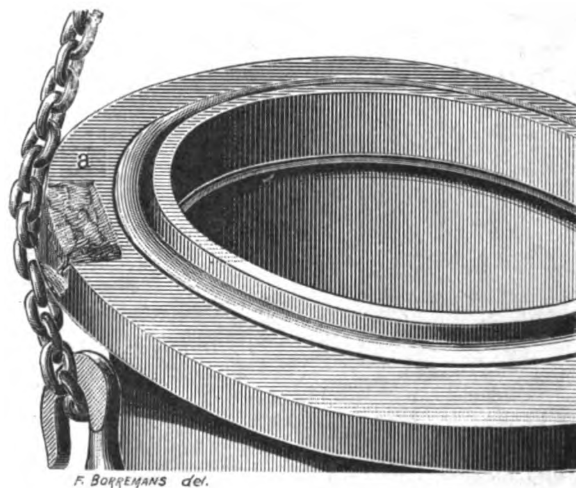


Fig. 10. — *Pièce en acier moulé avec une soufflure réparée en* a (avant le finissage à la lime).

Pour souder deux barres carrées, par exemple, on dispose le moule autour du joint, de manière que le fer s'écoulant du creuset automatique entoure les barres sur une fraction de la section, et que le

reste soit ensuite recouvert de corindon (fig. 11). La chaleur apportée par le corindon et le fer produit la soudure des faces superposées, en même temps que la masselotte ou éclisse de fer renforce le joint sur une portion de son pourtour.

Ce procédé intermédiaire est appliqué à la soudure des rails. Le patin du rail et la tige sont recouverts d'un bourrelet en fer intimement soudé, tandis que la partie supérieure, le champignon ou ornière, est soudée par une enveloppe de corindon que l'on détache à la fin de l'opération.

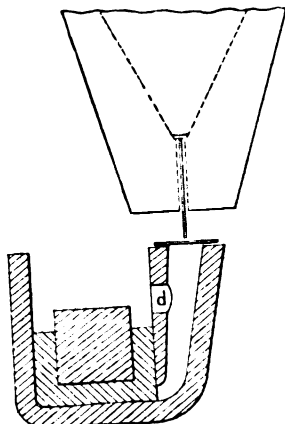


Fig. 11. — *Soudure de deux barres carrées avec éclisse.* — *d*, trop-plein.

Au Conservatoire des Arts et Métiers, j'ai soudé deux bouts de rails Phœnix grand modèle pesant 60 kilogs au mètre. L'opération se fait rapidement. Les deux rails, avec leurs surfaces à souder bien dressées, sont d'abord réunis par un fort appareil de serrage ; on applique alors autour du joint le moule en terre formé par deux parties préparées à l'avance. Il suffit alors de faire réagir 9 kilogs de thermite dans le creuset automatique, et de laisser écouler le produit de la réaction dans le moule pour obtenir après serrage une bonne soudure, renforcée par une forte éclisse (fig. 12).

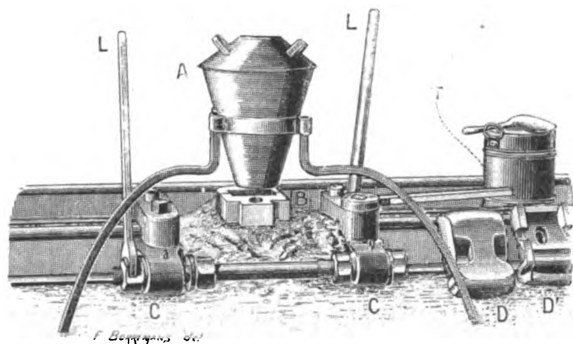
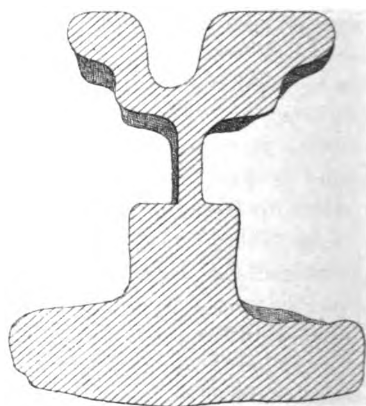


Fig. 12. — *Soudure de rails (matériaux et outils nécessaires pour l'opération).* — A, Creuset automatique ; B, moule mis en place ; C, appareil de serrage ; D et D', moules non utilisés ; T, boîte de thermite ; LL, leviers de l'appareil de serrage.

Les moules se préparent commodément à l'aide d'une terre plastique de Transylvanie; une simple dessiccation à 100° leur donne une résistance suffisante pour le transport.

La figure 13 représente la section d'un rail soudé par le procédé Goldschmidt. Cette section, polie et attaquée aux acides, montre nettement l'incorporation intime du fer coulé avec les parties primitives (patin et tige). Des essais à la presse hydraulique, pratiqués par les ingénieurs de diverses sociétés de tramways, ont montré, dans tous les cas, la solidité de semblables joints.

On s'est demandé si l'échauffement local, produit au moment de la soudure, ne modifierait pas d'une manière regrettable les propriétés mécaniques de l'acier dans le voisinage du joint. Différentes expériences ont été faites pour répondre à la question. Je citerai seulement les suivantes : On a répété l'opération de la soudure en un point quelconque de six rails différents, puis des barreaux d'essais ont été prélevés de la même manière dans les parties chauffées et non chauffées. La zone d'échauffement était de 15 centimètres, longueur des moules; les barreaux avaient 20 centimètres de long. Les rails ont donné : avant échauffement, des résistances variant de 68 kil. 9 à 84 kil. 7 par millimètre carré, avec des allongements de 8 à 16,5 °/₀; après réchauffement, des résistances comprises entre 66,2 et 80,8, avec allongements de 9,5 à 12,5 °/₀. Il n'y a donc pas de modification sensible dans les propriétés mécaniques du rail au voisinage du joint.


Fig. 13. — *Section d'un rail à la soudure.*

Ces soudures de rails présentent, dans la plupart des cas, une telle perfection qu'un œil inexercé ne saurait les reconnaître. Cependant, certains rails acquièrent quelquefois une plus grande dureté à la soudure, qui se manifeste à la longue par une légère saillie; quelques coups de grosse lime suffisent pour faire disparaître ces inégalités.

Le système Goldschmidt a reçu la sanction de la pratique : il a été appliqué sur des lignes de tramways qui fonctionnent régulièrement depuis trois ans. Les rails soudés se sont partout bien comportés. A Berlin, les tramways de la rue de Potsdam, qui se succèdent toutes les dix secondes, circulent sur des rails soudés, à la satisfaction complète de la compagnie et des voyageurs.

En août 1900, au milieu des grandes chaleurs de l'été, la Compagnie des tramways de Dresde a soudé un tronçon de voie double de 1 kilomètre; quatre joints se fendirent pendant les grands froids de l'hiver suivant : ils furent resoudés et

n'éprouvèrent, depuis cette époque, aucune modification.

Le prix de revient d'un joint se monte à 25 francs d'après M. Goldschmidt. Quatre hommes, avec six appareils de serrage, font trente joints par jour.

On enseignait autrefois, comme application de la dilatation des métaux, qu'il était nécessaire, dans la pose des rails, de ménager entre eux un espace suffisant pour permettre à la dilatation de se produire pendant les grandes chaleurs de l'été; sinon cette dilatation aurait pour effet de déformer les rails. L'expérience a montré depuis que ce danger est beaucoup moins grave qu'on ne le supposait et qu'il est possible de raccorder d'une manière rigide deux rails consécutifs sans inconvénient, surtout quand les rails sont noyés, comme ceux des tramways, dans les pavés des rues.

La soudure des rails revient pratiquement à l'emploi de rails continus sans joints d'aucune nature. Elle présente des avantages considérables sur les éclissages ordinaires. Le pavage de la voie, qui n'est plus gêné par les parties saillantes des éclisses au voisinage des joints, devient aussi uniforme et, par suite, plus commode à réaliser. Le roulement régulier des wagons sur ces rubans d'acier sans solution de continuité supprime complètement les oscillations des voitures, au grand avantage non seulement des voyageurs, mais surtout des compagnies, qui voient leur matériel roulant et la voie s'user beaucoup moins rapidement.

L'expérience a démontré, en effet, que le mode d'assemblage par éclisses, même le plus puissant, ne peut relier solidement les extrémités des rails d'une manière durable; il se produit avec le temps un desserrement des vis et une relâche du joint tout entier qui s'aggrave constamment pendant l'exploitation. Les wagons, au passage des joints, produisent l'écrasement des bouts de rails, qui entraîne une trépidation nuisible aux voyageurs, à la solidité de la voie et à la conservation des voitures. Il est nécessaire de réagir contre cet inconvénient, en resserrant de temps à autre les vis des éclisses, en redressant les extrémités des rails, en renouvelant même les vis des éclisses; ces travaux d'entretien entraînent des dépenses assez considérables, qui se trouvent encore augmentées, dans le cas des tramways, par la nécessité d'enlever chaque fois les pavés dans lesquels sont noyés les rails.

Les avantages de la substitution de la soudure à l'éclissage apparaissent encore plus nettement dans l'exploitation des chemins de fer ou tramways électriques avec utilisation du rail comme fil de retour du courant. On comprend la nécessité d'avoir une ligne de retour aussi conductrice que possible quand on examine les nombreux systèmes proposés pour réunir électriquement chaque rail au suivant. Les liaisons en cuivre, les plus employées jusqu'ici, ne résolvent le problème que d'une façon momentanée. Le cuivre et le fer forment dans le sol un couple électrique qui facilite l'attaque du fer; la soudure fer et cuivre se désagrège progressivement et présente une résistance électrique de plus en plus grande. De même, les amalgames plastiques, employés en Amérique pour établir un bon contact entre l'éclisse et le rail, ne peuvent avoir qu'une durée limitée.

Quand la résistance de la ligne augmente, le courant cherche une autre voie et trouve généralement un chemin de moindre résistance dans les conduites d'eau et de gaz de la ville. Il en résulte une différence de potentiel, souvent de plusieurs volts, entre les rails et les conduites et, par suite, des phénomènes d'électrolyse qui exercent une action destructive permanente sur le réseau des tubes.

En Amérique, où les installations sont faites plus rapidement et souvent moins soigneusement qu'en Europe, ces actions secondaires électrolytiques, devenues très inquiétantes, ont été la cause de nombreux travaux dont la conclusion générale a été la nécessité de réaliser la soudure des rails.

Dans un Rapport très étudié, présenté au Congrès des tramways, tenu à Paris en 1900, M. l'ingénieur Fischer-Dick, de Berlin, a bien insisté sur cette nécessité et montré que le coût du joint n'a aucune importance. Tout ce qui permet, dit-il, de prolonger la durée de ces voies coûteuses et de diminuer la fréquence des réparations, fait réaliser des économies qui rémunèrent largement des frais de premier établissement. D'autre part, d'après M. Goldschmidt, la soudure aluminothermique, dans les cas les plus défavorables, permet de réaliser une économie de 20 °/₀ sur les frais d'établissement, si l'on fait intervenir dans ceux-ci le capital correspondant aux frais annuels d'entretien des éclisses et des liaisons électriques.

En Amérique, en Europe même, on a cherché à produire la soudure électrique des rails par la compression du joint entre deux fortes mâchoires d'acier réunies avec les pôles d'un transformateur électrique; mais le procédé a été abandonné, car il exige un matériel encombrant, compliqué et coûteux, et les résultats qu'il fournit ne sont pas certains.

En dehors du procédé aluminothermique encore tout récent, il existe un autre procédé de soudure appliqué pour la première fois à Saint-Louis, aux États-Unis, en 1894, et qui s'est depuis peu à peu répandu en Europe.

On met en contact intime les bouts de rails au moyen d'une masselotte de fonte coulée sur place.

La masselotte pèse de 35 à 60 kilogs suivant le type de rail; sa forme rappelle dans son ensemble celle d'une enclume. La continuité du joint est assurée non seulement par l'apposition de cette masse de fonte, mais aussi par l'introduction, entre les deux bouts de rails consécutifs, de cales en tôle d'acier, enfoncées jusqu'à refus.

Les joints Falk ont bien donné les résultats prévus par les avantages de la soudure. Sur la ligne de tramways de Lyon à Oullins, les dépenses d'entretien seraient tombées, avec l'application du joint, de 5.000 francs par an et par kilomètre à 100 francs à peine.

La soudure Falk a l'inconvénient d'exiger un matériel encombrant : un cubilot de 3 tonnes traîné par deux chevaux et coûtant 12.500 francs, des serre-joints, serre-moules, etc., formant un outillage de 3.500 francs et permettant de faire 50 joints par jour. D'autre part, elle est moins chère que le joint Goldschmidt; elle reviendrait en France de 18 à 20 francs.



Fig 14. — *Soudure de rails de tramways à Ludwigshafen.*

Quoi qu'il en soit, le procédé Goldschmidt, mis définitivement au point au commencement de 1902, a été appliqué, dans le courant de cette même année, à la soudure de 2.500 joints. Les premières soudures faites en France, à Rouen, à l'automne de 1901, ont donné pleine satisfaction au directeur des tramways de cette ville. 196 joints ont été faits depuis au Havre et à Marseille; 200 nouveaux joints doivent être établis prochainement dans cette dernière ville. A Paris, tous les rails de l'avenue de la République seront bientôt réunis par la soudure Goldschmidt.

En Angleterre, la ville de Leeds, après avoir avoir envoyé une Commission de cinq membres pour examiner sur place l'état des soudures faites à Essen et à Dresde en 1900 et étudier les travaux en cours pendant le mois de septembre dernier, a décidé d'appliquer le procédé aluminothermique à la soudure de tout son réseau. Hanovre, Dresde, Berlin, Plauen, Aix-la-Chapelle, Ludwigshafen (fig. 14), etc., en Allemagne, ont des voies soudées par la thermite.

De semblables soudures ont été faites dans trente-deux villes d'Allemagne, d'Angleterre, de France, d'Autriche, de Norvège, etc.

VII. — Emploi du fer-thermite comme intermédiaire pour les soudures.

Le fer thermite peut servir d'une façon commode et économique comme intermédiaire pour la soudure de deux des trois substances : fer, fonte et acier. Son rôle consiste uniquement à ramollir la surface à souder, sur laquelle s'effectue ensuite la coulée du fer, de l'acier ou de la fonte.

On peut allumer simplement la thermite sur la surface à souder et supprimer ainsi l'emploi du creuset. Toutefois, pour éviter que le corindon ne se fixe sur cette surface froide, on commence par la réchauffer à l'aide d'une mince couche de fonte ou d'acier de 5 à 10 millimètres d'épaisseur; la thermite est ajoutée aussitôt et rapidement allumée par une amorce.

Ce mode spécial d'utilisation de la thermite est aujourd'hui d'un usage courant dans certaines usines d'Allemagne pour la soudure des tourillons cassés de cylindres de laminoirs. Il évite le réchauffement préalable des pièces à souder et diminue dans de fortes proportions la quantité de fonte à employer.

On opère surtout d'après les indications de M. Lochner, chef de fabrication à l'Atelier de construction de la Güte Hoffnüng, à Sterkrade, où j'ai eu l'occasion de voir le procédé appliqué.

Le cylindre, solidement fixé dans une position qui rend horizontale la surface à souder, est muni d'un premier moule cylindrique, dont le diamètre intérieur dépasse de 65 millimètres celui du tourillon à reproduire. On dispose dans le moule un cylindre concentrique, en fonte, enduit de graphite à l'extérieur et recouvert d'argile à l'intérieur (fig. 15). Tout est prêt maintenant pour l'opération.

On commence par verser dans le cylindre une mince couche de fonte ou d'acier qui doit recouvrir entièrement la surface à souder; on projette aussitôt la quantité de thermite calculée à l'avance (1 kil. 5 par décimètre carré) : le mélange s'enflamme spontanément au contact de l'acier ou par l'intermédiaire d'une capsule d'allumage dans le cas de la fonte, et la réaction est terminée après une demi-minute. On remue fortement le fer et l'alumine fondus avec des barres de fer pour éviter l'empri-

sonnement de la scorie, qui vient toute entière se fixer sur les parois du cylindre en fonte et le protéger contre la fusion. On remplit le moule au tiers de sa capacité avec la fonte ou l'acier et l'on continue à remuer énergiquement pour mélanger intimement le fer thermite et la fonte. Bien entendu, il faut avoir, pendant l'agitation, un certain nombre de barres à sa disposition, car la chaleur les fond rapidement avant l'addition de la fonte. Une bonne agitation, indispensable pour le succès de l'opération, exige le travail simultané de deux ou trois ouvriers pendant quelques minutes. On enlève ensuite le cylindre de fonte, grâce aux poignées *b* dont il est muni, en même temps que le corindon qui s'est entièrement solidifié à sa surface intérieure. On achève de remplir le moule en remuant constamment, puis l'on dispose le deuxième moule et l'on procède progressivement au remplissage complet.

Au lieu de couler de la fonte, on peut tout aussi

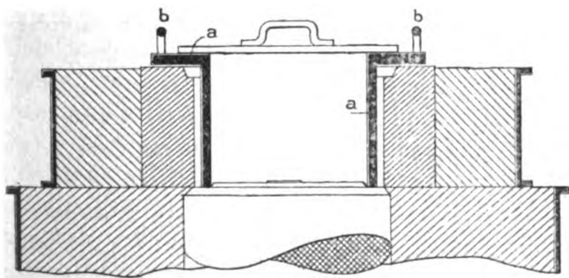


Fig. 15. — *Soudure de tourillons de laminoirs.* — *a*, cylindre de fonte, muni de ses poignées *b*.

bien couler de l'acier, et, comme les résultats sont indépendants de la nature du cylindre, on voit ainsi qu'il est possible de souder un tourillon en acier sur un cylindre de fonte, ou inversement un tourillon de fonte sur un cylindre d'acier. Les laminoirs, qui ne sont pas toujours installés pour produire facilement de la fonte liquide, pourront réparer eux-mêmes leurs cylindres cassés en employant de l'acier de thermite, sans être dans l'obligation de recourir à l'aide d'une usine métallurgique plus ou moins éloignée.

Des tourillons de laminoirs ont été ainsi soudés à la Sosnovice (Russie), à Witkowitz (Autriche) et dans de nombreuses usines allemandes; ils n'ont jamais donné lieu jusqu'ici à aucune critique.

On remarquera, en terminant, que l'allumage de la thermite sur la surface à souder permet de porter rapidement et uniformément au blanc soudant une surface de dimension quelconque, ce qu'aucun autre procédé ne saurait produire d'une façon aussi simple et aussi efficace. C'est là encore un vaste champ d'application qui s'ouvre devant le procédé Goldschmidt.

VIII. — Coulée rapide de pièces de rechange et fabrication d'aciers spéciaux.

La rapidité avec laquelle la méthode aluminothermique permet de produire de l'acier en fusion la rend indispensable, quand, en cas d'urgence, il est nécessaire de couler des pièces de rechange, particulièrement celles dont la fabrication exigerait beaucoup de temps. On peut alors incorporer au mélange au moins 20 °/₀ de déchets de fer et obtenir avec 1 kilogramme de thermite près de 0 kg. 75 de fer. Ces moulages rapides seront surtout appréciés à bord des navires, dans les mines et les ateliers de construction isolés.

Le creuset automatique me paraît constituer encore un excellent appareil d'étude pour la fabrication rapide des aciers spéciaux; à ce titre, je le crois susceptible de rendre quelques services. Tout récemment, en incorporant du manganèse pur à un acier thermite, on a pu préparer un alliage à 12 °/₀ de manganèse donnant une résistance de 116 kilogrammes par millimètre carré avec un allongement de 57,7 °/₀.

IX. — Amélioration de la fonte par l'emploi du titane-thermite.

Cette application toute récente de l'aluminothermie, qui paraît donner des résultats vraiment remarquables, consiste à réaliser la réaction de la thermite au sein de la masse liquide de fonte. Par suite de l'énorme quantité de chaleur dégagée aux points de la réaction et de la surchauffe locale qui en résulte, il se produit dans la masse liquide des mouvements rapides qui amènent toutes les parties du bain au contact de la thermite et facilitent l'élimination des impuretés. On emploie, d'ailleurs, un mélange spécial qui contient, à côté de l'oxyde de fer, un peu d'acide titanique chargé de fournir du titane qui s'incorporera à la fonte. M. Rossi a montré, dans ces dernières années, en Amérique, que l'introduction de petites quantités de titane dans la fonte en améliore notablement la qualité. Cette introduction se fait ici simplement et dans des conditions qui fournissent un produit particulièrement homogène.

On utilise le titane-thermite de la façon suivante : On fixe solidement, à l'extrémité d'une longue tige de fer, une boîte cylindrique en fer blanc, évidée suivant son axe et remplie par le mélange à réaction. Il suffit, pour cela, d'enfoncer la tige dans la partie vide de la boîte et de les relier l'une à l'autre par de gros fils de fer de 5 millimètres de diamètre environ, enroulés à chaud (fig. 16). La barre, ainsi munie de la boîte de thermite, est d'abord plongée dans le bain de fonte par un ouvrier

dont les mains sont protégées contre le rayonnement de la surface, puis maintenue immobile aussi près que possible du fond de la poche de coulée.

La température de la fonte amorce aussitôt la réaction à l'intérieur de la boîte, de sorte que tout le mélange brûle rapidement; les parois de la boîte sont fondues et la scorie d'alumine monte à la surface ou vient se fixer sur les parois de la poche de coulée. Pendant toute la réaction, à cause de la grande quantité de chaleur dégagée au fond du bain et des différences de densité qui en résultent, il se produit un véritable bouillonnement, grâce auquel toutes les parties liquides viennent en

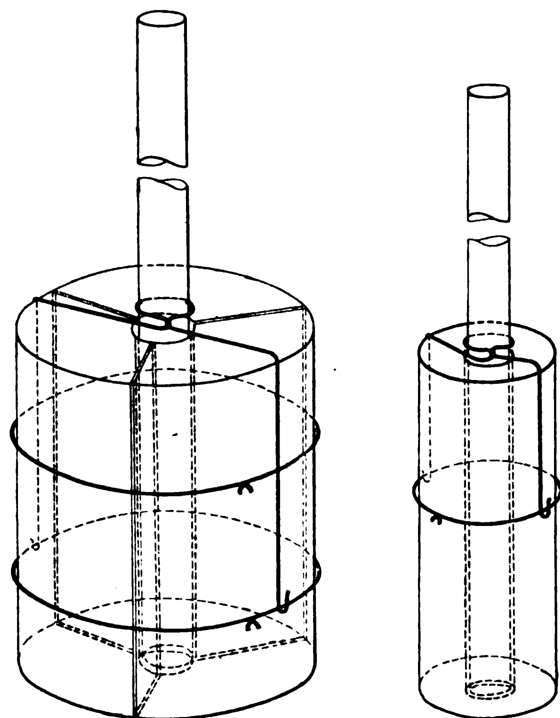


Fig. 16. — *Boîtes de titane-thermite reliées à la tige de fer.*

contact avec le fer et le titane, de manière à produire un mélange parfaitement intime qu'aucun moyen mécanique ne saurait réaliser.

Les effets se traduisent immédiatement à la surface du bain, qui apparaît beaucoup plus claire et plus brillante; à la coulée, les mêmes phénomènes se produisent. Le filet de fonte prend un aspect différent, qui rappelle celui d'un bon acier au creuset.

Le titane, dont les propriétés réductrices sont supérieures à celles de l'aluminium, n'agit pas seulement comme désoxydant; il se combine encore à l'azote, toujours contenu en plus ou moins grande proportion dans la masse en fusion, pour former un azoture stable et non dissociable à ces températures. En outre, les impuretés de la fonte se séparent plus facilement dans la masse agitée et rendue plus fluide par son élévation de température.

Quoi qu'il en soit, ce mode opératoire permet de supprimer ou d'amoindrir les pores de la fonte, qui devient plus fine, moins cassante et acquiert une texture plus serrée, en même temps qu'une plus grande fluidité, favorable évidemment à la qualité des pièces coulées.

Les fondeurs peuvent se rendre compte de cette amélioration, en coulant simplement deux plaques de foyer : l'une avant, l'autre après addition de thermite. Les surfaces de ces plaques, mises à nu par un rabotage, accusent aussitôt une grande différence de structure.

La proportion de titane-thermite à employer doit atteindre $\frac{1}{800}$ à $\frac{1}{400}$ du poids de la fonte.

Dans la préparation des fontes spéciales, fontes très dures ou fontes douces, on peut utiliser la propriété que possède la réaction de mêler intimement les différentes parties du bain pour faire commodément des additions de substances étrangères, ferromanganèse, ferrosilicium, etc.

Il est bien entendu que le même procédé peut être appliqué aux bains d'acier exactement de la même façon. Peut-être sera-t-il possible d'améliorer ainsi l'homogénéité des aciers Martin et de se rapprocher des bons aciers au creuset qui sont encore ceux qui donnent, dans leur emploi, les résultats les plus certains.

X. — Emploi de la thermite dans la coulée de blocs d'acier pour forgeage et dans la fabrication de pièces en acier moulé.

En passant de l'état liquide à l'état solide, l'acier éprouve une diminution de volume qui entraîne la formation de vides dans les parties centrales du lingot, les dernières à se solidifier. Pour remédier à cet inconvénient, on s'est efforcé de retarder autant que possible la solidification de la tête du lingot en versant à son sommet de l'acier liquide chaud, qui joue le double rôle de réchauffer la partie supérieure et de combler les vides résultant du retrait.

On ne peut lutter ainsi qu'imparfaitement contre la solidification, parce qu'il arrive un moment où l'acier versé à nouveau se trouve séparé par une zone solide des parties centrales non solidifiées et un vide commence à se produire à l'intérieur. Les vides qui existent souvent dans le tiers supérieur du bloc obligent les aciéries à détacher cette portion imparfaite et à n'utiliser pour le travail postérieur que les deux autres tiers du lingot.

M. Goldschmidt s'est proposé de retarder la solidification en élevant la température de la partie

supérieure par une réaction aluminothermique. On opère comme avec la fonte : Au moment où l'on approche de la solidification du sommet, on introduit rapidement dans l'acier, à une profondeur variable avec les dimensions du lingot, une boîte de thermite attachée à une tige de fer. Par suite de la chaleur dégagée, une partie de l'acier déjà solidifié devient tout à fait liquide et remplit complètement les vides, ce qui se traduit à la surface libre supérieure par la formation d'un entonnoir, que l'on remplit aussitôt avec de l'acier en fusion.

La même opération, surtout pour les gros lingots, peut être répétée plusieurs fois. La solidification se propage donc régulièrement de bas en haut ; la partie supérieure, restant liquide, peut s'abaisser au fur et à mesure du retrait et, par suite, aucun vide ne peut se former. En fait, on se rapproche assez de ces conditions idéales de la solidification, puisque, grâce à cet artifice, on arriverait à limiter les soufflures dans une zone qui ne s'étendrait pas au delà de 50 centimètres du sommet.

En particulier, dans la coulée de laminoirs en acier, on a pu diminuer ainsi d'une façon sensible la grandeur de la masselotte à détacher après solidification.

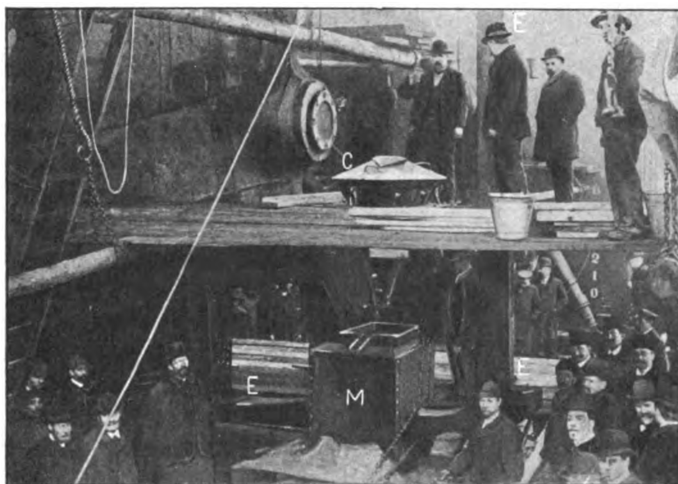


Fig. 17. — *Réparation de l'étambot du* Sevilla (*avant la coulée*). — E, étambot ; C, creuset automatique ; M, moule pour recevoir la coulée.

Le même inconvénient se produit naturellement dans la fabrication de pièces en acier moulé. Le retassement est, d'ailleurs, d'autant plus considérable que le métal utilisé est plus pur et plus chaud. On lutte contre cette difficulté à l'aide de masselottes ménagées au-dessus des diverses parties du moule et chargées de nourrir ces dernières parties en restant liquides le plus longtemps possible.

Mais il arrive souvent que ces masselottes de réserve ne remplissent qu'imparfaitement leur rôle, par suite d'une solidification trop rapide ; on conçoit encore que l'introduction préalable d'une boîte de thermite dans un endroit convenable du moule permettra de réchauffer l'acier et d'éviter la formation de vides qui rendraient la pièce moulée sans valeur.

Un semblable artifice permettra, en particulier, de simplifier et d'assurer le succès de la coulée de longues pièces en acier moulé, telles que les étambots de navires. Pour aller de l'entonnoir de coulée à l'entonnoir de montée, l'acier doit alors parcourir un long chemin à l'intérieur du moule ; pendant ce trajet, sa température s'abaisse assez pour qu'il devienne visqueux et qu'il ne remplisse qu'incomplètement l'entonnoir de montée. On comprend que le rôle de réserve de ce dernier entonnoir puisse se trouver compromis à tel point qu'il se produise dans la pièce elle-même des vides qui diminuent sa résistance et la rendent inutilisable.

Il suffira de faire réagir une certaine quantité de thermite dans tous les entonnoirs de montée pour réchauffer l'acier ; la boîte sera disposée à l'avance dans le moule ou bien introduite à l'extrémité d'une tige de fer. Il est aussi possible de réchauffer l'acier tout le long du trajet en provoquant sur son passage la réaction de boîtes de thermite convenablement espacées.

XI. — Conclusions.

La méthode Goldschmidt constitue un procédé métallurgique extrêmement élégant, qui permet aujourd'hui de préparer toutes les combinaisons possibles des métaux entre eux et, par suite, d'entreprendre une étude systématique des alliages.

Il est incontestable, d'autre part, que le fer et l'acier aluminothermiques sont incomparablement plus coûteux que le fer et l'acier préparés par les méthodes ordinaires et que l'aluminothermie ne supprimera ni les rivets, ni le four Martin ; mais il est non moins douteux qu'il y aura intérêt à l'employer dans bien des cas.

Je citerai seulement deux exemples intéressants :

Au mois de Janvier dernier, le vapeur *Assyria* rentrait vers midi au port de Hambourg avec un des bras de son gouvernail cassé. Pendant le déchargement de la cargaison, on préparait le moule autour de la fracture et le lendemain matin, à 10 heures, on effectuait la soudure avec 100 kilogrammes de thermite. Le moule était retiré trois heures après, et l'opération terminée. Cette réparation, comme on le voit, n'a pas immobilisé le navire à son port d'attache, et, à cause du matériel rudimentaire de l'aluminothermie, n'a dérangé en aucune façon le déchargement des marchandises.

Le second cas est encore plus digne d'attention. A la suite d'une violente collision, le *Sevilla*, de la *Hamburg America Linie*, avait rompu son étambot en un point où la section rectangulaire mesurait 50 centimètres sur 30. Il fallait, à l'arrivée du navire, retirer l'étambot qui forme la carcasse, mouler un étambot neuf dans les usines de la Westphalie, l'amener à Hambourg et reconstituer la poupe du *Sevilla*. C'était, pour le navire, une immobilisation



Fig. 18. — *Réparation de l'étambot du* Sevilla (*la pièce après la réparation*). — A, soudure annulaire.

de deux mois et demi à trois mois dans les bassins de radoub et, pour la Compagnie, une perte de 100 à 125.000 francs. L'aluminothermie a remarquablement simplifié le problème; elle a permis de réparer l'étambot cassé en combinant les coulées intercalaire et annulaire.

La section de rupture fut d'abord élargie de manière à laisser un espace de 3 centimètres entre les deux surfaces à souder, puis le moule fut installé pour la formation d'un anneau de 5 centimètres d'épaisseur et de 15 centimètres de longueur. La coulée, effectuée le 20 janvier à 11 h. 20 du matin, produisit plus de 150 kilogs de fer avec 300 kilogs de thermite; le moule, brisé à quatre heures de l'après-midi, découvrit la partie soudée dont la température s'était abaissée au-dessous du rouge. On avait chauffé la pièce avant la soudure; elle fut recuite pendant vingt heures après l'opération. Des essais permirent de constater que la soudure était parfaite à tous les égards.

L'excès de métal coulé formait deux petites masselottes qui furent détachées de l'anneau après la rupture du moule. Les difficultés éprouvées dans la séparation de ces masselottes montrent nettement les bonnes qualités du métal coulé. 50 chocs d'une forte barre maniée par dix hommes recourbèrent de 90° ces parties saillantes sans les casser; il fallut les entailler au burin et donner encore 20 coups de barre pour les détacher.

Une dépense de quelques milliers de francs et quelques jours d'immobilisation avaient suffi pour remettre le bateau en état de reprendre la mer (fig. 17 et 18).

Les procédés aluminothermiques se sont assez vite répandus en Allemagne et en Russie; en Autriche, les Chemins de fer de l'État les ont introduits dans leurs ateliers de construction; ils sont appliqués en ce moment au Transvaal à la réparation des machines des mines et des usines du Rand, détériorées pendant la guerre anglo-boer. Ils paraissent se répandre beaucoup plus lentement en France et en Angleterre.

J'estime, pour ma part, que « cette métallurgie en poche », toute récente, est appelée à rendre de réels services à l'industrie et qu'on ne saurait trop la signaler aux métallurgistes et constructeurs, qui sauront vite reconnaître dans chaque cas particulier les limites de son domaine.

Il importe de remarquer, en terminant, que l'aluminothermie, par la simplicité et la mobilité de son outillage, par la diversité de ses moyens d'action, donne une solution très élégante du problème du transport et de l'utilisation de l'énergie de la chute d'eau qui a servi à la préparation de l'aluminium.

Camille Matignon,
Maître de Conférences de Chimie
à l'Université de Paris.

LES INDIGÈNES DE LA RHODÉSIE

Pendant une mission de plusieurs mois dans l'Afrique du Sud, où nous avions été chargé par l'Institut Pasteur d'aller installer un Laboratoire antirabique à Bulawayo, nous avons été invité, par le Gouvernement de la Rhodésia, à étudier certaines questions ayant trait à la santé des indigènes; il nous a donc été possible d'approcher ces individus de très près. On trouve, dans cette grande et jeune contrée que l'on désigne sous le nom de Rhodésia du Sud, toutes les races nègres qui habitent le sud de l'Afrique depuis la colonie anglaise du Cap jusqu'au Zambèze. Ces races sont en contact depuis un certain nombre d'années avec les Boers et les Anglais; mais, en général, elles se sont tenues à l'écart et restent encore dans leur état primitif de civilisation; aussi sont-elles fort intéressantes à étudier.

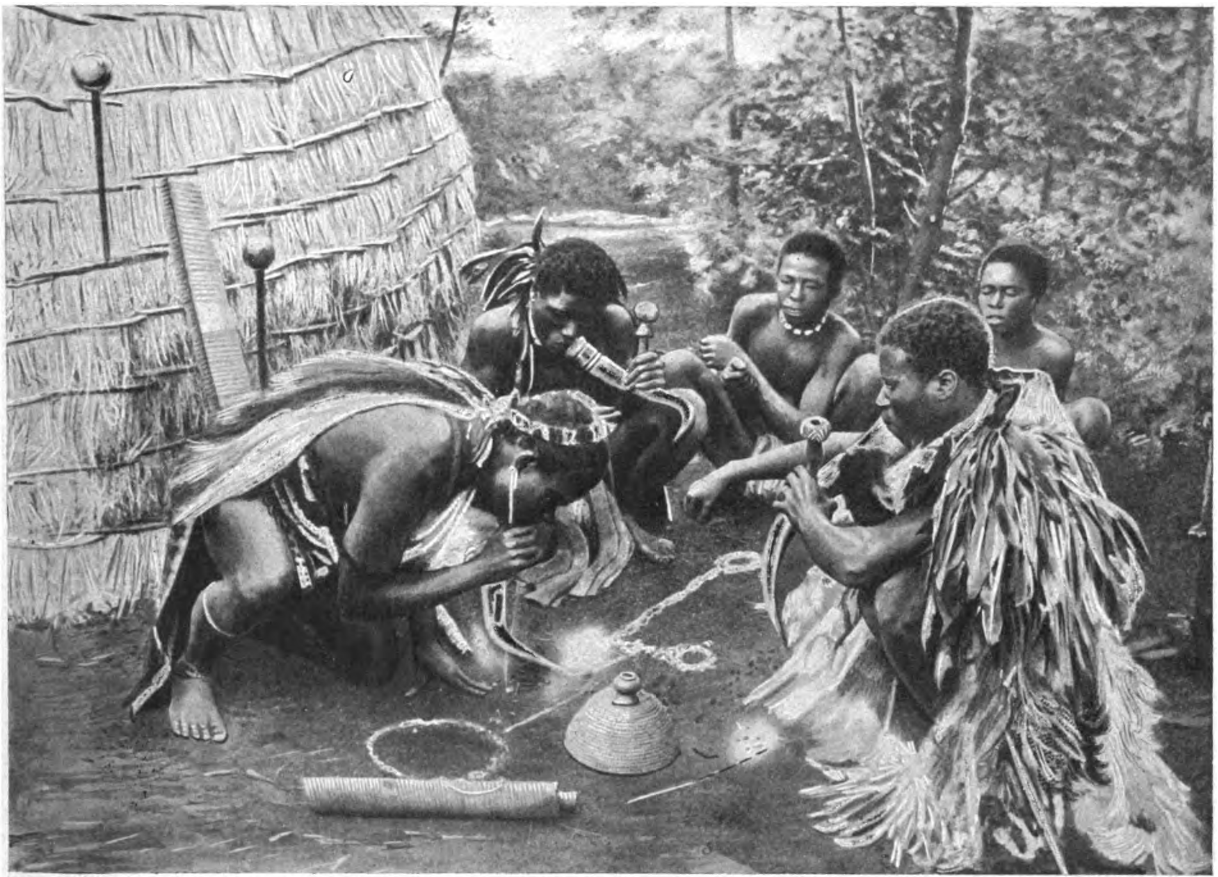


Fig. 1. — *Nègres Bantous fumant le chanvre indien.*

La population indigène de l'Afrique du Sud peut se diviser en trois branches qui comprennent : les Valpens, les Hottentots et les Cafres ou Bantous. Nous avons réuni, dans les pages qui suivent, quelques-unes des observations que nous avons recueillies sur ces diverses races pendant notre séjour parmi elles.

I

Les Valpens appartiennent à la race pygmée et paraissent être originaires du centre de l'Afrique. Ils vivent dans la campagne et il est très rare d'en voir dans les villes; aussi les Anglais les nomment-ils Bushmen (de bush, prairie), c'est-à-dire hommes de la prairie. On sait que ces races naines étaient autrefois assez fréquentes en Europe : des squelettes découverts en Silésie et en Basse-Alsace prouvent qu'il y a eu dans ces pays une population de pygmées; mais ceux-ci auraient complètement disparu de l'Europe vers l'an 1000. D'après l'anthropologiste allemand Thélenius, on ne les rencontrerait plus que dans le centre de l'Afrique, et il est à supposer que les Valpens sont un dernier reste de ces minuscules individus.

Ces hommes mesurent à peine un mètre quarante; ils n'ont aucun vice de conformation; la tête et les membres sont proportionnés à leur petite stature. Leur peau est jaune, leur nez épaté, leur chevelure crépue comme celle des races nègres. Ces peuplades sont réfractaires à toute civilisation et leur état primitif rappelle les temps paléolithiques, l'âge de la pierre. Les Valpens sont nomades et troglodytes; ils ne construisent pas leurs maisons, mais vivent dans des trous de rochers, dans des cavernes, dans des troncs d'arbres ou quelquefois



Fig. 2. — *Kraal ou village indigène près de Bulawayo.* (Au centre se trouve le parc à bétail.)

dans des huttes abandonnées. Ils ne travaillent pas, vivent du produit de leur chasse, de fruits et de racines et ne font cuire aucun aliment. Leur langage se compose de peu de mots; ils sont incapables de calculer au-dessus du nombre trois; le reste est traduit par eux par le mot beaucoup. Un certain culte qu'ils rendent aux esprits des ancêtres est toute leur religion. Ils sont polygames; leurs tribus ne reconnaissent aucun chef, mais chaque père de famille a des droits illimités sur les siens. Les Cafres et les Hottentots reconnaissent aux Valpens des droits d'ancienneté sur la contrée. Lorsqu'à la chasse l'un d'eux veut s'emparer d'un gibier, il l'abandonne si ce dernier est déjà poursuivi par un Bushman. Ce peuple primitif, dont l'esprit connait à peine la pensée, possède cependant un art à l'état rudimentaire. Les Valpens peignent sur du bois ou sur des pierres des sujets de chasse ou de pêche prouvant une certaine connaissance de la perspective; l'on ne peut nier un sentiment de justesse dans l'assemblage de leurs couleurs, qu'ils composent eux-mêmes et qui résistent longtemps à l'air et aux intempéries.

Les Hottentots, par la couleur de leur peau, ressemblent aux Valpens, mais ils sont plus grands. Ceux qui habitent les villes s'assimilent facilement les habitudes des blancs. Beaucoup d'entre eux, dans la colonie du Cap ou au Transvaal, ont adopté la langue anglaise ou hollandaise et les habits européens; chez quelques-uns, on voit des traces de mélange avec la race blanche. On rencontre assez fréquemment des croisements de Hottentots et d'Européennes. Ceux dont le type n'a pas été modifié par le sang d'une race différente ont le nez épaté, les lèvres épaisses; les cheveux, crépus comme ceux des races nègres, croissent par petites touffes, laissant de distance en distance apercevoir le cuir chevelu. Leur capacité cranienne est petite. Ils vivent par campement ou kraals dans des huttes

construites avec des branches d'arbres réunies par de l'argile. Chaque kraal obéit à un chef particulier et, en outre, les différentes tribus sont soumises à un grand chef. Les Hottentots ont la notion d'un être suprême; ils rendent un culte aux mânes des ancêtres et pratiquent la polygamie. Beaucoup d'entre eux, dans les villes, ont adopté la religion protestante. La civilisation développe leur penchant marqué pour les boissons alcooliques. J'ai eu pendant trois mois, en Rhodésie, un cocher hottentot dont je n'ai eu qu'à me louer; il ne s'est grisé qu'une seule fois, la veille de mon départ; il est vrai qu'il revenait, ce jour-là, des courses de Bulawayo.

II

Les Cafres ou Bantous sont la meilleure race du Sud de l'Afrique. Ils sont fins, intelligents et s'assimilent les usages des blancs. Leur peau est noire et ils sont, en général, le vrai type du nègre : nez épaté, lèvres épaisses, angles faciaux larges et saillants; cependant, surtout dans les familles des chefs, il n'est pas rare de rencontrer des physionomies plus fines. On voit même quelquefois des nez aquilins. Le mélange évident avec les races du nord de l'Afrique provient de ce que les chefs prennent fréquemment pour femmes des esclaves achetées à des caravanes venues du Nord. Les Bantous peuvent se diviser en trois groupes de tribus : celles de l'intérieur, des montagnes, et de la côte. Les premières subissent volontiers l'influence européenne : leur caractère est doux, et elles sont plus disposées que les autres à se soumettre à la domination des Anglais. Les tribus des montagnes habitent les hauts plateaux; on les trouve quelquefois campées sur les kopjes, énormes blocs de granit rappelant nos monuments mégalithiques de Bretagne, mais, contrairement à ces derniers, se dressant à pic à des hauteurs considérables. Ces peuplades sont de mœurs douces et craintives; opprimées par les tribus de la côte, qui venaient voler leurs enfants et leurs femmes, elles ont cherché un refuge dans ces lieux innaccessibles. Probablement à cause des persécutions dont ils ont été l'objet, ces nègres des montagnes sont en retard sur les autres tribus. Ils restent de préférence éloignés des centres civilisés; et des explorateurs, en parcourant le pays à cheval en 1897, disent avoir semé l'épouvante parmi des habitants des hauts plateaux qui n'avaient jamais vu de blancs ni de chevaux.

Les tribus de la côte sont physiquement les plus fines; ces nègres sont grands, bien faits, et ordinai-



Fig. 3. — *Famille bantoue à la porte de sa case.*



Fig. 4. — *Grenier sur pilotis pour éviter l'invasion des fourmis blanches.*

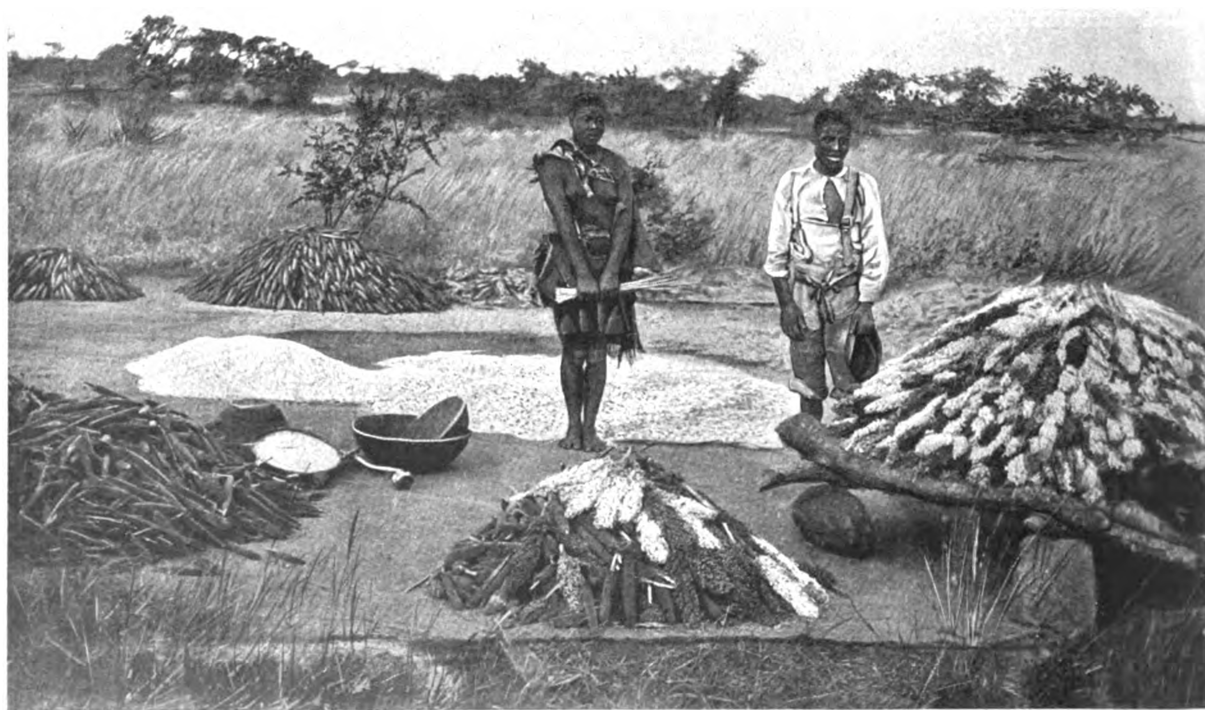


Fig. 5. — *Provision de maïs pour la fabrication de la bière.*

rement vifs et intelligents. C'est une race guerrière, dont l'histoire est une lutte constante avec les autres tribus et avec les Européens qui sont venus s'établir dans la contrée. En 1659, lors de l'arrivée des Boers, ils luttèrent contre ceux-ci pour les empêcher de s'établir dans le pays; ils firent ensuite maintes incursions dans le territoire où s'étaient fixés les nouveaux venus. Les Zoulous sont une des tribus de la côte renommée pour son courage.



Fig. 6. — *La fabrication de la bière : les femmes font cuire l'infusion de graines de maïs.*

Les Cafres, depuis le Congo jusqu'à l'Océan Indien, parlent tous le même idiôme avec différents dialectes. Ce langage est euphonique quand il n'est pas corrompu par un mélange avec le hottentot. On y remarque certaines consonnes bizarres, se traduisant par un claquement de langue tel que dans le mot *kotchuza*, qui signifie piqûre, et dans le mot *intouana* (enfant). Les fonctionnaires anglais chargés de contrôler les indigènes doivent, en arrivant, apprendre la langue du pays, qui du reste est assez facile. On trouve fréquemment des dames anglaises parlant couramment la langue du pays avec leurs domestiques nègres. C'est, en général, le contraire qui arrive dans nos colonies, où nous nous mettons à enseigner la nôtre aux indigènes, ce qui est souvent pour eux un commencement de déchéance. Le barbare a, en effet, une propension évidente à apprendre le mauvais côté de la civilisation, et j'ai remarqué qu'en Afrique du Sud, tout comme dans le nord de ce pays, où j'ai vécu sept années, les indigènes qui sont en contact avec les Européens en prennent les mauvaises habitudes, celles de la boisson, par exemple.

Déjà avant la domination anglaise, les Cafres avaient un système de gouvernement et de législation bien organisé. Toutes les tribus étaient soumises à un chef suprême ou roi (indouna); en outre, chaque tribu avait un chef particulier, et chaque village ou campement était gouverné par un troisième indouna. La justice était rendue par une sorte de cour composée de tous les hommes d'un même village. Un chef pouvait aussi être jugé, démis de ses fonctions ou condamné à des amendes perçues par le chef suprême et payées en têtes de bétail. Les Bantous ayant conservé les habitudes primitives vivent dans des kraals comme les Hottentots. Leurs huttes sont rondes, bien construites (fig. 3); le sol, en argile battue, est parfaitement propre; les ustensiles de ménage, en terre cuite, sont soigneusement rangés. Au centre de la hutte est creusé un trou rond destiné à servir de foyer pour faire cuire les aliments. De grands pots de terre servent à garder les effets d'habillement; l'un d'eux, hermétiquement clos, contient l'habit de guerre. Autour de l'habitation, le toit avance et forme souvent une sorte de vérandah, sous laquelle on peut, étant assis, éviter les ondées tropicales. Un enclos au



Fig. 7. — *La fabrication de la bière des Cafres : l'infusion de maïs en pleine fermentation.*

centre du kraal sert d'étable et est destiné aux vaches et au bétail (fig. 2). Les provisions, les grains, le maïs qui sert à faire la bière, sont dans un endroit spécial, enfermés dans des silos et dans des huttes basses, bâties sur pilotis afin de les préserver de

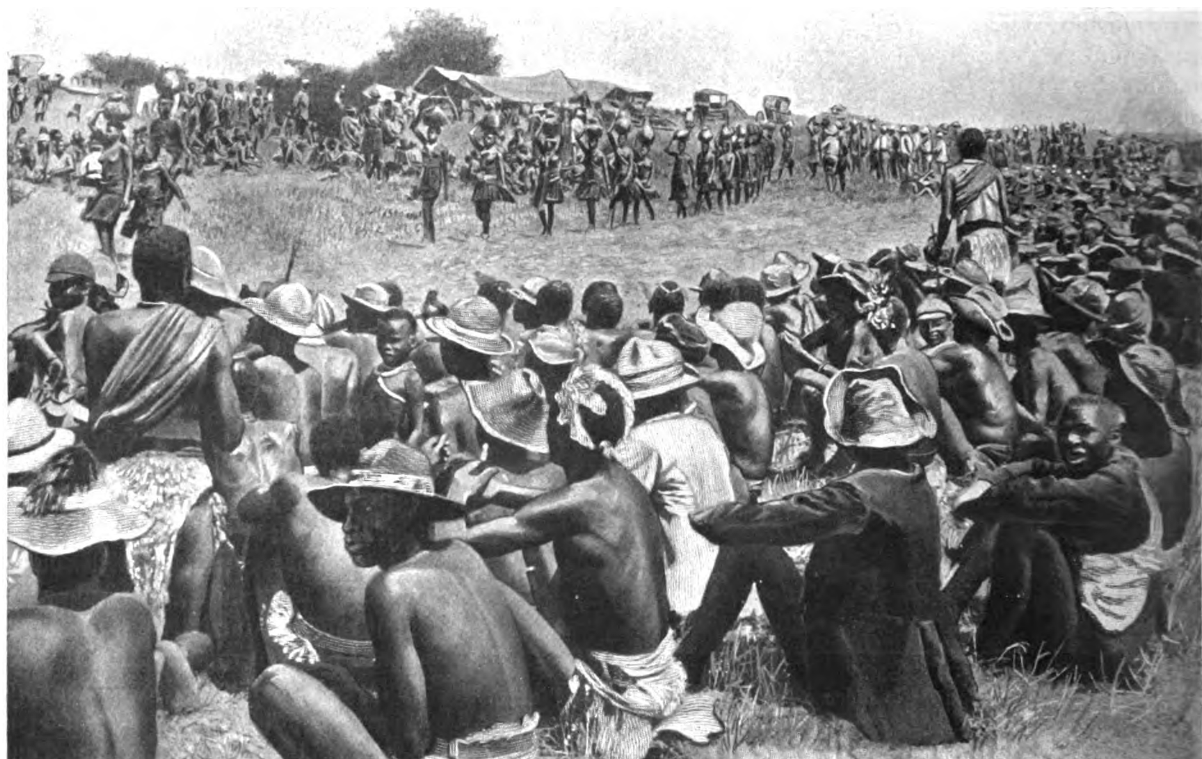


Fig. 8. — *La danse de la guerre : arrivée des femmes portant la bière des Cafres.*



Fig. 9. — *La danse de la guerre : figure pour demander la pluie.*

l'invasion dévastatrice des termites (fig. 4). Ces insectes, dont l'espèce appelée fourmi blanche est si commune, sont le véritable fléau de l'Afrique du Sud. A chaque pas on voit leurs nids, qui forment une élévation de terre allant souvent jusqu'à 7 et 8 mètres, et quelquefois ces collines sont si rapprochées et si nombreuses qu'elles forment un véritable village de fourmis. Quelques tribus mangent les termites comme nos Arabes de la campagne se nourrissent de sauterelles dans le sud de l'Algérie et de la Tunisie.

C'est la femme qui s'occupe de la cuisine, des travaux de l'intérieur, de ceux des champs et de la confection de la bière (fig. 5 à 8). Pendant mon séjour à Bulawayo, ayant été chargé par le Gouvernement d'étudier les moyens de conservation et de fabrication de cette bière, j'ai eu à mon laboratoire jusqu'à trente-quatre femmes pendant trois semaines. Elles m'avaient été envoyées d'un kraal distant de deux milles environ; elles étaient venues portant leurs jeunes enfants sur leur dos dans une peau de bête et sous la conduite du chef du campement. Celui-ci, un vieux nègre convaincu de l'importance de sa mission, menait militairement son troupeau féminin. Il avait dans les cheveux une sorte de cercle de graisse, ce qui signifiait que, trop âgé pour travailler lui-même, il était à la charge de ses enfants. Pendant leur travail, les femmes chantent en cadence un refrain monotone, toujours le même. Comme les vignerons de Judée travaillaient et chantaient, en se répondant, le fameux cantique de Salomon, les femmes Cafres ont aussi leur chant de la bière. Elles marquent la mesure au moyen de la pierre ronde avec laquelle elles frappent les grains de maïs ou de sorgho pour les réduire en farine. On mélange ensuite cette farine à de l'eau dans de grands vases d'argile, de forme ronde, ayant 30 à 40 litres de capacité. On porte ce mélange à l'ébullition, puis on l'abandonne à lui-même, en ayant soin de ne pas couvrir les vases. Le liquide se refroidit et les insectes qui viennent s'y noyer apportent la levure nécessaire à la fermentation. Lorsque celle-ci commence, on ajoute du grain malté, et la fermentation ne tarde pas à devenir tumultueuse; une mousse jaune déborde de la cuve d'argile (fig. 7). Trois jours après, on filtre cette bière à travers une manche en jonc, et on peut alors la boire.

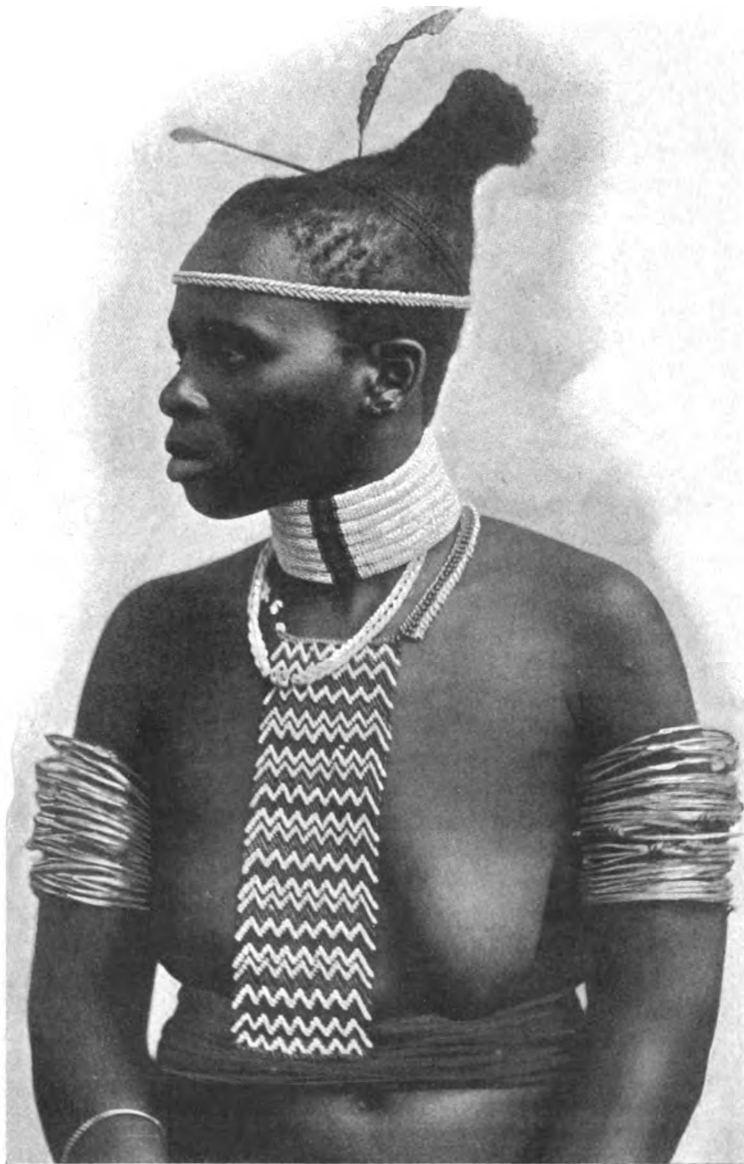


Fig. 10. — *Une élégante cafre.*

III

Les Cafres sont, pour l'industrie, les nègres les plus avancés de l'Afrique. Ils ont des métiers, connaissent l'art de forger le fer, travaillent le

cuivre dont ils font des ornements et des bijoux. Il y a aussi des tailleurs, des charpentiers, des coiffeurs, des fabricants de poterie, des vanniers qui tressent des nattes et de jolies corbeilles, et font, avec de longues aiguilles enfilées de jonc, les sacs destinés à filtrer la bière. Il y a aussi des médecins bantous, savants dans la connaissance des simples; enfin, la sorcellerie tient chez eux une place de grand crédit, et la profession de sorcier ou de jeteur de sort est très lucrative. Les Anglais ont interdit l'entrée des villes à ceux qui se consacrent à l'art de la magie, dont l'influence peut s'exercer d'une fâcheuse façon sur les indigènes et amener des désordres dans la contrée.



Fig. 11. — *Médecin Cafre avec ses amulettes.*

Le forgeron jouit d'une haute considération ; c'est lui qui fabrique, avec le minerai du pays, les armes, les flèches, les pointes des lances ou sagaies. Il fait fondre le minerai dans un grand pot d'argile au-dessus d'un grand feu de bois. Un sac en peau de bouc, qui, par un mécanisme primitif, aspire l'air et le refoule, lui sert de soufflet de forge; il bat ensuite le métal avec une pierre de granit et le façonne avec des couteaux de pierre.

Le tailleur est aussi très en honneur chez les Cafres. Il coud et ajuste les plumes qui composent l'habit de guerre et l'énorme casque des indounas, rassemble les peaux de léopard destinées aux chefs. Il fait aussi les jupes des femmes, qui, partant de la ceinture, cachent le corps jusqu'au-dessus des genoux. Le costume ordinaire des deux sexes est très sommaire et comprend seulement, pour les hommes, une espèce de pagne en peaux d'animaux. Les femmes ont d'habiles coiffeuses qui connaissent l'usage des faux cheveux, en ajoutent à la touffe laineuse qui couvre la tête des négresses coquettes et les dressent en un édifice compliqué, auquel elles adjoignent des peignes, des épingles, des fleurs naturelles.

Les Cafres se servent des minerais de cuivre et de fer qui se trouvent dans le pays; mais l'industrie de l'or n'a jamais été exploitée par eux. Nous avons vu des kraals établis sur l'emplacement d'anciennes ruines de temples et de forteresses phéniciennes destinées à défendre les trésors recelés dans le sol. Ces mines, autrefois exploitées par les Anciens et que les prospecteurs affirment être les plus riches et les plus productives, n'ont jamais été touchées par les Noirs; les escaliers accédant aux cavernes mystérieuses où l'on se livrait à la fonte des lingots et aux travaux de l'or, sont restés intacts et cachés par les broussailles séculaires du bush, jusqu'à l'heure récente où des fouilles ont été pratiquées. Dans les cavernes, des objets servant à la fusion du métal, des creusets, des poinçons portant la marque phénicienne, des spatules, de petits fours pour la fusion ont été retrouvés, prouvant que ces lieux sont restés inexplorés depuis l'époque où les Anciens ont dû abandonner le pays.

Dr Adrien Loir,
Ancien préparateur de M. Pasteur,
Professeur d'Hygiène à l'Ecole Nationale
Supérieure d'Agriculture coloniale.

REVUE ANNUELLE D'ANATOMIE

I. — Généralités. Livres nouveaux.

Parmi les nouveaux livres d'Anatomie, nous devons signaler particulièrement : le *Précis d'Histologie humaine* de Tourneux, récemment paru dans la *Collection Testut* (Paris, Doin, 1903), qui résume l'enseignement du professeur de Toulouse, pour le plus grand bien des étudiants ; — l'*Anatomie générale* de Reinke, un peu plus ancienne et qui présente cette science sous une forme toute nouvelle en utilisant les acquisitions récentes de la Biomécanique ; — *La Cellule et les Tissus au point de vue général* de Lœventhal (Paris, Schleicher, 1901), qui soulève nombre de problèmes intéressants, et cherche une base nouvelle de classification des tissus ; — l'*Encyclopédie de Technique microscopique*, parue sous la direction de P. Ehrlich, Krause, Weigert, etc... (Wien, Urban, 1902), et qui, sous forme de dictionnaire, abonde en renseignements techniques très utiles ; — enfin, le *Guide pratique...*, plus modeste, d'Alquier et Lefas (Paris, Baillère). Notons encore, au passage, la continuation des grandes Anatomies de Poirier et Charpy, de Bardeleben ; — la fin de la dernière édition (6e) du *Traité d'Histologie* de Kölliker, remanié par von Ebner ; — une troisième édition du *Traité de Technique* de Bolles Lee et Henneguy ; — la traduction par Julin du deuxième tome de *La Cellule et les Tissus* d'O. Hertwig ; — enfin l'apparition de la nouvelle grande *Embryologie*, publiée sous la direction de ce dernier auteur[1] avec l'aide de nombreux collaborateurs.

II. — La Cellule et les Tissus.

§ 1. — Les Tissus de soutien : Cartilage.

Le cartilage, ce tissu d'aspect si simple, a été récemment l'objet de travaux importants et bien propres à nous montrer que cette simplicité n'est qu'apparente. Rappelons d'abord que les chimistes ont, depuis quelques années, complètement modifié leur manière de voir à son égard. On le disait formé d'une substance *chondrogène* ou *chondrigène*, donnant par coction de la *chondrine*, différente de la gélatine quoique voisine d'elle. Mörner (1889) et Schmiedeberg (1891)[2], notamment, ont montré que la chondrine n'existe pas, et que la substance fondamentale du cartilage est constituée, comme les fibres conjonctives, par du véritable collagène, fournissant par coction de la véritable gélatine, mais associé à des substances spéciales. Schmiedeberg établit que ce sont les combinaisons variées d'un acide sulfo-conjugué (acide chondroïtine-sulfurique) avec des albuminoïdes, combinaisons incorporées dans cette substance fondamentale, et qu'on peut en enlever par une sorte de déchondrification (par macération dans la soude étendue), comme on enlève les sels calcaires de l'os par la décalcification. Mörner avait donné à ces combinaisons (avant la détermination exacte de l'acide) le nom d'ensemble de *substances chondromucoïdes*, sous lequel on peut continuer à les désigner.

Les données chimiques ainsi modifiées devaient fournir aux histologistes la base de nouveaux travaux. Hansen[1] pose d'abord en principe que la substance fondamentale est de structure essentiellement fibrillaire. C'est la doctrine soutenue dès 1877 par Tillmanns, et depuis par de nombreux auteurs, mais admise encore avec réserve par les uns, rejetée par d'autres. Hansen a examiné plus de cent cinquante cartilages différents chez diverses espèces, et d'après lui il ne saurait plus y avoir de doute. Partout il constate, même sur le frais, et sans l'usage des réactifs dissociants ou colorants, la présence de très fines fibrilles, généralement non fasciculées, relativement faciles à voir chez les gros animaux. Pour lui, ces fibrilles sont collagènes au même titre que celles du tissu conjonctif, et représentent la base collagène de la substance fondamentale, mais elles sont incluses dans une substance unissante amorphe basophile, de réfringence à peu près égale, qui les « masque ». Elle masque également leur réaction normalement acidophile (coloration par l'éosine, la fuchsine acide) ; mais la déchondrification fait disparaître la basophilie, la vive coloration que prend d'ordinaire la substance fondamentale du cartilage par l'hématoxyline (en bleu), la safranine (en rouge), etc... ; et la fibre collagène reprend sa réaction colorée normale. Si l'on traite alors la coupe par l'acide chondroïtine-sulfurique, la basophilie reparaît. Elle serait donc liée à la présence des composés chondromucoïdes, siégeant de préférence dans la substance unissante, mais capables aussi d'imprégner le collagène, de se combiner peut-être avec lui.

[1] *Handbuch der vergleichenden und experim. Entwickelungslehre der Wirbeltiere*, hgg. von Oscar Hertwig, 1902.

[2] Voyez Lambling : Article Chondrogène et Chondrine, in 2e supplément du *Dictionnaire de Chimie*, de Wurtz.

[1] Hansen : Ueber die Genese einiger Bindegewebsgrundsubstanzen. *Anatomischer Anzeiger*, t. XVI, 1899, p. 417.

Dès 1896, Retterer avait donné du tissu conjonctif une conception qu'il étendit plus tard au cartilage (1899) et qu'il ne cesse de soutenir dans une série de nouveaux travaux[1]. Il considère ces tissus comme constitués à l'origine par une sorte de « Plasmode » ou Syncytium, c'est-à-dire par une masse unique de protoplasme à noyaux nombreux et serrés, sans trace de limites cellulaires. Bientôt, la portion de protoplasme la plus voisine de chaque noyau se densifie, reste seule granulée et colorable; les parties les plus lointaines se hyalinisent. Il appelle l'ensemble de celles-ci « hyaloplasme »; c'est la substance fondamentale des auteurs. La première est la « portion chromophile », ou « zone périnucléaire » : c'est la cellule des auteurs classiques. Par conséquent, ce que nous appelons de ce nom chez l'adulte ne serait qu'une partie de la véritable cellule, dont « l'hyaloplasme » périphérique reste fusionné à celui des voisines pour former l'ensemble de la substance hyaline.

Hansen arrive dans son travail à des conclusions assez analogues, en suivant le développement du fibro-cartilage dans les disques intervertébraux. Sur les fœtus de vache de 0m,40 à 0m,70 de longueur, les parties centrales du disque sont encore purement conjonctives, formées d'une sorte de tissu muqueux. Dans les cellules, très ramifiées, la partie périphérique du protoplasme se différencie en un *ectoplasme* très réfringent, presque homogène, qui peu à peu se transforme en fibrilles collagènes. Le reste, ou *endoplasme*, conserve l'aspect granuleux, perd peu à peu ses prolongements (dissociés en grains, ou subissant en totalité la transformation ectoplasmique), s'arrondit, et finalement s'entoure d'une capsule différenciée aux dépens de la couche d'ectoplasme la plus interne et la plus récente. La substance fondamentale a donc la valeur d'un ensemble d'ectoplasmes fusionnés, et « on peut se figurer » le cartilage hyalin comme une sorte de syncytium.

Plus récemment, Studnicka[2] abonde dans le même sens, et avec moins de réserves. Pour lui, c'est à tort que nous conservons le non de cellule à la petite masse de protoplasme granuleux qui a seulement la valeur d'un « endoplasme ». La cellule totale, ou *Gesammtzelle*, comprend, en outre, tout le territoire d'*exoplasme* environnant. La substance fondamentale des auteurs est en réalité un vaste syncytium exoplasmique; c'est une sorte de variété de protoplasme, bien vivant, ayant seulement subi quelques modifications. Pour le prouver, l'auteur s'appuie sur toute une série de faits extrêmement intéressants.

C'est d'abord sur l'histogénèse, telle qu'elle a été établie presque simultanément par Schaffer[1] (Lamproie) et par lui[2] (Lamproie, *Lophius*). La substance fondamentale n'est pas uniquement constituée d'anciennes capsules fusionnées, comme le croient beaucoup d'auteurs. A l'origine, un nodule cartilagineux est représenté par une petite masse syncytiale de véritable protoplasme granuleux, à noyaux serrés, stade capital pour Schaffer, très fugitif (et succédant à un stade mésenchymateux à cellules lâches) pour Studnicka (*Lophius*). A un moment donné, à mi-chemin entre noyaux voisins, apparaissent de minces cloisons communes réfringentes, dont l'ensemble forme un réseau ou plutôt un complexus alvéolaire, enserrant tous les éléments. C'est la première ébauche de la substance fondamentale. Secondairement, chaque alvéole peut se tapisser à l'intérieur de capsules concentriques. Cette substance est d'abord acidophile (stade précartilage, *Vorknorpel* : Schaffer); plus tard seulement, elle devient basophile, prend les réactions du chondromucoïde, devient par conséquent du cartilage. Certains éléments (*cellules intercalaires* de Schaffer), se transforment en totalité en substance fondamentale.

La mode d'apparition des cloisons de substance fondamentale, communes aux deux cellules voisines, paraît à Studnicka une preuve que cette substance est un véritable exoplasme, représente seulement les couches les plus superficielles du protoplasme densifiées et chimiquement modifiées. (Chez les Sélaciens apparaît d'emblée une substance fondamentale basophile; le stade précartilage manque.)

Mais Studnicka s'appuie surtout, pour étayer sa conception du cartilage, sur la comparaison avec le tissu de la corde dorsale, ou notocorde, axe primitif de la colonne vertébrale. Les cellules de la corde sont généralement très abondamment et largement vacuolisées et à parois épaisses, ce qui leur donne l'aspect de cellules végétales. Mais, chez les Poissons osseux, Von Ebner a montré qu'il existe souvent aussi des cellules non vacuolisées, qu'il a appelées épidermoïdes, à cause de leur ressemblance avec les éléments épidermiques. Entre elles et les cellules vésiculeuses, Studnicka nous montre tous les intermédiaires. Les unes et les

[1] Retterer : Nombreuses Notes et Mémoires de 1896 à 1903 in *C. R. de la Société de Biologie* et *Journal de l'Anatomie*, en grande partie résumés in *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes*, 4e sess., Montpellier, 1902, sous le titre : Parallèle des ganglions lymphatiques, etc.

[2] Studnicka : Histologische und histogenetische Untersuchungen über das Knorpel, Vorknorpel, und Chordagewebe. *Anatomische Hefte*, Hft 67, 1903. — Voyez aussi son article in *Anatomischer Anzeiger*, Bd. XXII, 1903, p. 534.

[1] J. Schaffer : *Zeitschrift für wiss. Zoologie*, t. LXX, 1901, p. 109.

[2] Dès 1879, Strasser en avait établi les grandes lignes chez les Amphibiens Urodèles (*Morphol. Jahrbuch*, t. V.)

autres se rapprochent des éléments épidermiques parce qu'elles sont unies entre elles par de nombreux ponts d'union, cloisonnant d'étroits espaces intermédiaires remplis de lymphe interstitielle. Comme dans l'épiderme (ou plus particulièrement comme dans l'épithélium buccal de la Chimère, étudié par le même auteur), ces ponts ne sont que les expansions d'une couche superficielle de protoplasme plus dense, d'un véritable exoplasme. Mais dans la cellule cordale, et surtout dans la variété épidermoïde, l'exoplasme, d'abord très mince, peut augmenter au point de constituer la majeure partie du corps cellulaire. Il prend naissance par différenciation superficielle progressive de l'endoplasme, qui se retire peu à peu vers le centre, formant un petit amas granuleux nucléé, arrondi, tandis que la cellule totale, beaucoup plus large, conserve sa forme polyédrique. Il en résulte qu'à un faible grossissement, les étroits espaces de séparation des exoplasmes n'étant point visibles, le tissu a l'aspect d'une masse de substance fondamentale (ensemble des exoplasmes) où se trouveraient incluses de nombreuses cellules rondes (endoplasmes). Il arrive même (queue de la jeune anguille) que les exoplasmes, serrés l'un contre l'autre, se fusionnent réellement, et forment par conséquent une sorte de syncytium exoplasmique, une véritable substance fondamentale analogue à celle du cartilage hyalin.

D'autre part, on trouve de place en place chez les Cyclostomes, en certains points de transition entre le cartilage et le tissu conjonctif, une cellule cartilagineuse isolée provenant de la transformation d'une cellule conjonctive. Ces éléments ont un exoplasme souvent épais, constitué de véritable substance fondamentale du cartilage, mais qui, vu son isolement, a conservé la forme primitive, quelquefois avec de longs prolongements; au centre, un endoplasme généralement arrondi, de forme très différente, par conséquent, comme dans la cellule cordale.

Rapprochons ces deux sortes de formations du cartilage hyalin ordinaire, dit Studnicka, et il nous semblera maintenant tout naturel de considérer la substance fondamentale de ce dernier comme due à des exoplasmes fusionnés. Or, dans la corde, par exemple, on trouve des endoplasmes qui, en se retirant, ne sont restés reliés chacun à leur exoplasme que par quelques minces filaments, et pourtant ce dernier continue à croitre en épaisseur. C'est donc du protoplasme, modifié sans doute, mais encore bien vivant, et susceptible d'assimiler et de croître de lui-même. Il en est de même de la substance fondamentale du cartilage qu'on ne saurait considérer comme inerte, ni à plus forte raison comme morte, à la façon de certains auteurs.

Les travaux de Retterer, de Hansen, de Studnicka rendront évidemment le grand service de mettre en garde les histologistes contre cette tendance à rabaisser par trop le rôle et l'importance des substances fondamentales. Ils les rapprochent avec raison du protoplasme dont elles émanent. Mais n'est-ce pas aller trop loin que de pousser le rapprochement jusqu'à les confondre avec lui, jusqu'à refuser le nom de cellule aux « endoplasmes » si nettement limités du cartilage hyalin, pour aller découper, en pleine substance intermédiaire, des territoires cellulaires purement conventionnels? Cette substance dérive du protoplasme; soit! Elle a conservé des liens avec lui et une partie de sa vitalité; mais elle en est pourtant affranchie dans de certaines limites; ayant acquis une certaine autonomie et des propriétés spéciales, elle a bien droit à un nom spécial aussi. Ne suffit-il pas d'avoir toujours présent à l'esprit que, par son origine, elle a la valeur d'une *sorte* d'exoplasme, qu'elle est à rapprocher des véritables exoplasmes.

Rappelons enfin que, dès 1899, Waldeyer[1], proposant de supprimer complètement le mot de substance cimentante (Kittsubstanz), définissait ainsi les *substances fondamentales* ou *intercellulaires* : ce sont des formations homogènes, amorphes, caractéristiques des tissus de substance conjonctive, et dans lesquelles sont englobées fibres et cellules. Elles proviennent de la métamorphose d'une partie du protoplasme des cellules. Il admet donc la même origine. Mais il restreint l'acception du terme « substance fondamentale » à la matière unissante amorphe, basophile, dans laquelle sont noyées les les fibrilles du cartilage. Flemming[2] propose de nommer celles-ci « fibrilles fondamentales » (*Grund fibrillen*) et de réserver le nom de *substance intercellulaire* pour l'ensemble des deux formations. Ces nouvelles dénominations ont, d'ailleurs, quelques inconvénients, mis en relief par Schaffer[3] : nous avons employé provisoirement, dans les analyses précédentes, le terme substance fondamentale dans l'ancien sens, c'est-à-dire comme synonyme de substance intercellulaire de Flemming.

Ajoutons, pour terminer, que nos connaissances histo-chimiques sur ces substances sont encore bien peu avancées. Ainsi Moll[4], Morawitz[5], donnent des réactions colorantes nouvelles, différenciant complètement chez l'adulte la substance des capsules cellulaires de celle des parties interposées.

[1] WALDEYER : Kittsubstanz und Grundsubstanz... *Livre jubilaire du Cinquantenaire de la Soc. de Biologie*, 1899, et *Arch. für mik. Anat.*

[2] FLEMMING, in *Handbuch der vergl. und exp. Entwik. gesch.* de O. Hertwig.

[3] SCHAFFER : *Anatomischer Anzeiger*, t. XIX, 1901, p. 95.

[4] MOLL : *Archiv. für mik. Anat.*, t. LVIII, 1901, p. 483.

[5] MORAWITZ : *Archiv. für mik. Anat.*, t. LX, 1902, p. 66.

Le dernier auteur arrive, par la macération dans la potasse ou la digestion, à dissoudre les *Chondrinballen* de Mörner seules, montrant ainsi qu'elles correspondent bien aux capsules et anciennes capsules, aux territoires capsulaires en un mot. Après leur dissolution, le reste de la substance fondamentale forme un réseau ou complexus alvéolaire.

Toutes les recherches récentes rapprochent de plus en plus les trois tissus de soutien : conjonctif, cartilagineux et osseux. Outre les études contenues dans les travaux de Schaffer et de Studnicka cités plus haut, sur ce que le premier appelle le tissu vésiculeux de soutien (Vesikulöse Stützgewebe) et le second tissu précartilagineux (Vorknorpelgewebe) parce qu'il ressemble au précartilage de l'embryon [1], citons un autre travail de Schaffer [2] sur les organes céphaloïdes des tendons de la patte des Oiseaux. Dans ce Mémoire, l'auteur confirme et complète la description donnée par Ranvier en 1889 [3], et montre au niveau de ces organes la transition insensible entre les tissus tendineux et cartilagineux. Lœventhal [4] signale d'autres transitions, et notamment la transformation des cellules conjonctives en cartilagineuses à l'angle du maxillaire inférieur chez le fœtus de porc (11 à 12 centimètres). Stéphan [5], étudiant le tissu osseux chez les Téléostéens, y montre des relations plus variées que partout ailleurs avec le tissu fibreux, des cellules se rapprochant davantage des cellules conjonctives. « Le tissu osseux est seulement une adaptation spéciale du tissu conjonctif ». Au cours du développement, on voit les phénomènes évolutifs s'arrêter à tel ou tel des états parcourus dans l'édification des os des Mammifères.

§ 2. — L'épithélium considéré comme matrice du tissu conjonctif : la desmoplasie.

La doctrine de la spécificité des feuillets blastodermiques a déjà été minée de bien des côtés. Voici une nouvelle attaque directe, et qui ne tendrait rien moins qu'à bouleverser complètement nos notions sur l'origine et l'indépendance respective des divers tissus. Kromayer [6] part de ce fait, découvert par Unna en 1892, que, dans les nœvi cutanés mous, des groupes de cellules épithéliales se trouvent détachés de l'épiderme. Il a déjà soutenu lui-même (1896) que ces cellules perdent le caractère épithélial, et subissent « la métaplasie » en cellules conjonctives. Il a nommé ce processus *Desmoplasie*. Aujourd'hui, étudiant les éphélides, il montre, par une série de photographies microscopiques, qu'au niveau de ces taches de rousseur un grand nombre de cellules épidermiques grossissent, se vacuolisent, se détachent de la surface inférieure de l'épiderme et se répandent dans le derme. Elles sont devenues conjonctives et susceptibles de différencier des fibrilles collagènes. Mais la desmoplasie ne serait pas limitée à ces formations pathologiques. En suivant le mode de croissance des nœvi, Kromayer croit pouvoir démontrer que c'est là le véritable processus normal d'accroissement en épaisseur du derme. Le tissu conjonctif des muqueuses, celui des glandes peut-être, auraient la même origine.

Certes, la migration des cellules épithéliales dans les éphélides paraît évidente d'après les photographies de l'auteur. Mais il prouve moins victorieusement qu'elles deviennent conjonctives, puisque, dans quelques-unes, « le protoplasme semble se dissoudre », et moins encore que ce soit là le processus normal de formation du derme et d'une portion considérable du tissu conjonctif. A vouloir trop généraliser, l'auteur nous met en défiance. Il nous apporte simplement, en somme, quelques faits singuliers et troublants, analogues à ceux que nous présente depuis plusieurs années Retterer, mais avec plus de réserve et moins de hâte à conclure. On sait que cet auteur fait dériver depuis longtemps du tissu épithélial les follicules clos, amygdaliens et autres, avec leur reticulum conjonctif et les éléments contenus. En 1898 [1], il croit pouvoir défendre aussi l'origine épithéliale des papilles dermiques, étudiées dans la muqueuse glando-préputiale du chien. Chaque papille serait due à un îlot de cellules épithéliales modifiées, devenues conjonctives. A ses côtés, Kalt [2] décrit, en 1900, la formation de tissu conjonctif à la surface de la cornée aux dépens de l'épithélium antérieur. Au niveau de deux petites tumeurs stationnaires datant de deux ans, les cellules à pied s'allongeraient, et leurs extrémités profondes se différencieraient en fibrilles. Enfin, tout récemment [3], Retterer montrait que les lésions mécaniques du tissu sous-cutané (à l'aide d'un fin couteau introduit presque horizontalement dans la peau) provoquent des transforma-

[1] Ce tissu, très répandu chez les Poissons, offre de nombreuses variétés et des transitions intéressantes aux autres tissus de soutien. C'est le tissu fibro-hyalin de Renaut.

[2] SCHAFFER : Ueber die Sperrvorrichtung... *Zeitschrift für wiss. Zool.*, t. XXIII, 1903, p. 377.

[3] *C. R. Acad. des Sc.*, t. CVIII, p. 433.

[4] *Questions d'histologie*. Paris, 1901.

[5] STÉPHAN : Recherches histologiques sur la structure du tissu osseux des Poissons. *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1900.

[6] KROMAYER : Neue biologische Beziehungen zwischen Epithel und Bindegewebe. *Archiv für Dermatologie*, t. LXII, 1902, p. 299.

[1] RETTERER : Sur la structure et l'origine épithéliale des papilles dermiques. *C. R. Soc. de Biologie*, 1896, p. 1117.

[2] KALT : Formation de tissu conjonctif à la surface de la cornée aux dépens de l'épithélium antérieur. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 1900, et *Arch. d'Ophtalm.*, 1900.

[3] RETTERER : Sur les transformations et les végétations épithéliales que provoquent les lésions mécaniques des tissus sous-cutanés. *C. R. Acad. des Sciences*, t. CXXXVI, 1903, p. 697.

tions de l'épithélium ressemblant à du cancer, et des proliférations, des bourgeonnements qui, en maints points, semblent se dissocier dans le tissu conjonctif et se confondre avec lui. Plus tard [1], il croyait voir des faits analogues dans la cicatrisation des plaies de la cornée, où certaines traînées d'épithélium incluses seraient capables de subir, elles aussi, la transformation conjonctive.

Tout en accueillant ces descriptions avec la plus extrême réserve, et en demandant leur vérification et l'accumulation des preuves, nous sommes loin de croire qu'il faille les rejeter en bloc au nom de la doctrine de l'indépendance des feuillets blastodermiques. Les dogmes scientifiques ne sont que des pierres d'attente, destinées à être sans cesse retaillées. Nous savons aujourd'hui que, chez les Vertébrés les plus supérieurs, de véritables cellules musculaires lisses peuvent naître de l'épithélium (glandes sudoripares). Pourquoi rejeter, *a priori*, semblable origine pour certains éléments conjonctifs? Il semble qu'au début, dans la phylogénèse, chacun des deux grands feuillets primaires pouvait fournir, complète ou à peu près complète, la série des tissus. De ces deux séries parallèles, l'une l'a peu à peu emporté sur l'autre; la masse des tissus conjonctifs et musculaires est d'origine entodermique (en passant généralement par le stade mésoderme). Mais pourquoi certaines portions limitées ne pourraient-elles continuer à dériver de l'ectoderme?

III. — Système nerveux.

§ 1. — Reliefs cérébraux visibles à la surface externe du crâne.

La topographie cranio-cérébrale a été réglée par de nombreux travaux et notamment par le Rapport récent de Waldeyer (*Congrès international de Médecine*, 1900). Schwalbe [2] décrit pourtant quelques points de repère nouveaux, trop peu marqués peut-être pour être fort utiles au médecin, mais très intéressants en ce qu'ils montrent toute la plasticité de la boîte cranienne en regard des organes encéphaliques contenus, qui la modèlent.

Il trouve ainsi chez l'homme, sur certains crânes, un sillon sphéno-pariétal, ou sylvien externe, partant de l'aile du sphénoïde pour se diriger en haut et en arrière sur le pariétal; c'est l'empreinte de la scissure de Sylvius. La troisième circonvolution frontale forme souvent aussi un relief externe, au niveau du frontal, empiétant parfois sur le pariétal et l'aile du sphénoïde; on en trouve de même au niveau des première et troisième circonvolutions temporales. Dans la discussion qui suivit, Hitzig a pu dire qu'il se défiait de cette phrénologie moderne; mais Fürstner est venu affirmer l'exactitude des descriptions. Plus récemment, Schwalbe [1] a apporté à l'Association des Anatomistes des crânes de divers Mammifères montrant le relief des circonvolutions parfois merveilleusement marqué, avec tous ses détails, chez les Carnivores (Putois et Loutre surtout) et les Prosimiens. Ce relief, imprimé par le cerveau en voie d'accroissement, est presque exclusivement marqué sur les surfaces recouvertes par les muscles temporaux; il se conserverait là surtout parce que les muscles, pressant du côté opposé, limitent la croissance en épaisseur de la boîte cranienne.

§ 2. — Particularités du Névraxe des Oiseaux.

Maintenant que le névraxe des Mammifères commence à être assez connu, on étudie davantage celui des autres classes de Vertébrés, qu'on trouve, par place, construit sur un type plus différent qu'on ne croyait. Il en est ainsi chez les Oiseaux.

Sur les côtés de la moëlle, tout en dehors, à la surface du faisceau latéral, Kœlliker [2] décrit, sous le nom de *noyaux d'Hofmann*, des amas de cellules nerveuses, particulièrent volumineux dans la région lombo-sacrée. Bien marqués chez la caille, la poule et le pigeon adule [3], ils sont encore plus faciles à observer chez l'embryon de poulet de cinq à quinze jours, dorsalement à la sortie des racines antérieures, avec une disposition segmentaire. Il les présente comme des noyaux entièrement nouvaux. Mais Lachi [4] rappelle que Gadow les a brièvement signalés, et que lui-même les a décrits dès 1889, sous le nom de lobes accessoires de la moelle épinière, mais seulement dans la région lombo-sacrée. Pour lui, ils représentent une dérivations des cornes antérieures.

Edinger avait décrit, dès 1896, chez l'ensemble des Vertébrés, tout un système de fibres de la capsule interne reliant le corps strié au thalamus, et survivant seul à la mort de la radiation capsulaire, après destruction de l'écorce cérébrale. Monakow a confirmé presque simultanément. Van Gehuchten, Déjerine ont montré qu'il y a dans cette radiation des fibres allant dans les deux sens. Aujourd'hui, Edinger [5] reprend l'étude de ces fibres chez les

[1] Sur la cicatrisation des plaies de la cornée. *C. R. de l'Association des Anatomistes*, Liége, 1903.

[2] Schwalbe : Gehirnrelief der Aussenfläche des Schädels. *Arch. für Klinische Medicin*, t. LXXIII, 1902.

[1] Schwalbe : Ueber das Gehirnrelief des Schädels bei Säugetieren. *C. R. de l'Assoc. des Anat.*, Liége, 1903, p. 35.

[2] Kœlliker : *Sitzungsberichte der K. Acad. der Wissenschaften*, Wien, 5 décembre 1901.

[3] Démonstration à l'*Assoc. des Anat.*, Montpellier, 1902.

[4] Lachi : Sur les noyaux d'Hofmann-Kœlliker ou lobes accessoires de la moelle épinière des Oiseaux. *Anatomischer Anzeiger*, t. XXI, 1902.

[5] Edinger : Sur l'anatomie comparée du corps strié Cer-

Oiseaux, où il les montre extrêmement nombreuses, et, d'autre part, l'étude du corps strié tout entier. Chez ces animaux, l'écorce cérébrale est très réduite, les ventricules latéraux effacés ; la majeure partie des hémisphères est occupée par un énorme corps strié qui en est la partie essentielle. Les rapports détaillés entre ce « ganglion basal du proencéphale » et le cortex sont donc inverses, ici, de ceux qui existent chez les Mammifères. Il y a là deux types de cerveaux absolument différents, et qui semblent pouvoir, dans une certaine mesure, se suppléer l'un l'autre. Le corps strié des Oiseaux est constitué par deux énormes ganglions superposés, en forme de coussin, dont Edinger appelle le ventral Mesostriatum, le dorsal, plus large, Hyperstriatum. Ce dernier, beaucoup plus étendu, se replie en arrière autour du premier, pour former une portion réfléchie ou Epistriatum. Entre les deux coussinets, se trouve interposé un ganglion lenticulaire plus mince, absolument propre aux Oiseaux : l'Ectostriatum.

Ces travaux sur l'anatomie comparée de l'encéphale deviennent plus nombreux et promettent d'être féconds en enseignements.

IV. — Les formations glandulaires en rapport avec le système nerveux.

Il eût semblé étrange, il y a quelques années, de parler d'organes sécréteurs dans les centres nerveux, névraxe et ganglions. Des travaux récents ont, au contraire, souligné la nature glandulaire de certaines annexes, montré leur importance, et permis de rapprocher du système nerveux certains organes qui paraissaient d'abord n'avoir avec lui que des rapports lointains. Nous résumerons ici quelques-uns de ces travaux.

§ 1. — Les Plexus choroïdes.

Dès 1853, Faivre affirma que les plexus choroïdes produisent le liquide céphalo-rachidien. Une série d'auteurs plus récents l'ont confirmé. Pettit et Girard[1], reprenant leur étude, établissent la généralité de ce processus sécrétoire dans la série des Vertébrés, et augmentent son activité par l'injection sous-cutanée de substances à action hypersécrétante (muscarine, éther, théobromine, phosphate trisodique). L'agent sécréteur est l'épithélium épendymaire. A l'état normal, ses éléments, cubiques ou prismatiques, sont peu élevés, uniformément constitués de protoplasma d'aspect granuleux et fortement colorable par les réactifs, ou montrent en d'autres points une zone distale (apicale) plus claire, mal limitée. Lors de l'excitation par les substances indiquées ci-dessus, la hauteur des éléments s'accroît jusqu'au double et au delà ; la différenciation en deux zones, basale et distale, s'accentue; l'augmentation porte presque exclusivement sur cette dernière, qui prend l'aspect d'une énorme vacuole claire, rebelle aux colorants, souvent parcourue à sa base par des fragments de reticulum.

Chez les Mammifères et les Oiseaux, les plexus choroïdes se présentent sous forme de membranes richement vascularisées, plus ou moins villeuses. Chez les Reptiles, ils perdent souvent leur aspect membraniforme ; ce sont surtout des amas de villosités flottantes. Ainsi, chez le *Jacaretinga* (Crocodilien), « chaque ventricule latéral renferme une série de houppes ramifiées, véritables *efflorescences glandulaires*, composées de vaisseaux, d'un stroma conjonctif (peu abondant) et d'un épithélium sécrétant périphérique ». C'est une sorte de glande ramifiée inversée, évaginée. Chez les Sélaciens, on revient au type membraniforme, mais les plexus sont très développés, le stroma conjonctif fait presque défaut, l'élément sécréteur est en rapport immédiat avec le sang, comme dans les glandes à sécrétion interne. Comme le produit élaboré « n'est pas directement résorbé par la voie sanguine,... s'écoule d'abord dans une cavité intermédiaire », on peut les considérer comme représentant un type intermédiaire aussi, une « glande à sécrétion externe, mais à destination interne ».

§ 2. — Organes chromaffines et capsules surrénales.

On se souvient que Leydig a décrit depuis longtemps (1852) le système surrénal des Sélaciens comme constitué par deux sortes de corps : 1° Un corps généralement impair et médian, répondant pour lui à la substance corticale des surrénales des Mammifères; 2° Une double série d'organes pairs, accolés à chacun des ganglions de la chaîne du sympathique, faisant souvent corps avec eux, et répondant à la substance médullaire des surrénales. Il retrouvait ces derniers organes chez la Salamandre. Balfour confirma (1878) par l'étude du développement, et nomma le premier *corps interrénal*, les autres *corps suprarénaux*. D'autre part, Henle avait fait remarquer que les cellules de la substance médullaire (Mammifères) se distinguent des corticales en ce qu'elles brunissent par les sels de chrome; et tous les anatomistes qui avaient fait des coupes de corps suprarénaux après

veau des oiseaux'. *C. R. de l'Association des Anatomistes*, Liége, 1903 ; et en collaboration avec Wallenberg et Holmes : Das Vorgehirn der Vogel. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, Bd. XX, 1903, et t. à part, Diesterweg, Frankfurt-am-Mein.

[1] Pettit et Girard : Sur la fonction sécrétoire et la morphologie des plexus choroïdes des ventricules latéraux du système nerveux central. *Archives d'Anatomie microscopique*, t. V, 1903.

fixation au bichromate (ou au liquide de Muller) avaient été frappés par leur couleur brune. Mais c'est récemment seulement qu'on a étudié méthodiquement cette réaction, qu'on l'a considérée comme absolument caractéristique, et qu'on a essayé grâce à elle de pénétrer plus loin dans l'étude de ces deux formations.

Dostojewski a trouvé le premier chez les Mammifères, dans le sympathique, des cellules de même réaction, qu'il appelle *chromophiles*. Stilling, en 1890, les a méthodiquement décrites sous le même nom dans le sympathique abdominal du lapin et montré leur rôle vicariant par rapport aux surrénales. L'extirpation des deux capsules fait apparaître très nettement, en effet, dans le sympathique, de nombreuses « petites capsules surrénales accessoires », dues à l'hypertrophie de ces cellules. Il considère la réaction chromophile comme suffisante, avec cette constatation, pour les homologuer à la moelle. Mais ces premiers travaux étaient à peu près oubliés, et Stilling[1] a été obligé de les rappeler après la publication du premier Mémoire de Kohn.

C'est, en effet, Kohn[2] surtout qui s'est efforcé d'attirer l'attention sur ces formations, et qui a renouvelé l'aspect de la question. Chez les Mammifères mêmes, dit-il, Dostojewsky, Stilling, Mitsukuri, Pflaundler, chez les Oiseaux H. Rabl, ont trouvé des amas de « prétendue substance médullaire » à distance des surrénales, et en connexion avec les ganglions sympathiques abdominaux. Chez les autres Vertébrés, non seulement il en est ainsi, mais l'organe surrénal lui-même se dissocie, la substance corticale et la médullaire étant simplement accolées l'une à l'autre chez les Reptiles, complètement isolées l'une de l'autre chez les Sélaciens, etc. Les réactions des cellules corticales et médullaires des surrénales et organes homologués sont complètement différentes. Il est donc absolument illogique de continuer à grouper sous le nom de surrénales un ensemble d'organes aussi différents et souvent aussi dispersés. Si l'on avait découvert en dernier lieu les surrénales des Mammifères, au lieu de partir de là pour chercher des formations homologues dans la série des Vertébrés, on serait évidemment arrivé à une toute autre conception.

Kohn se propose donc de se libérer et de nous libérer de l'ancienne manière de voir. Faisant table rase des descriptions et des dénominations antérieures, il met à part, dans cet ensemble d'organes, tous ceux dont les cellules, appartenant au type épithélial, ont cette réaction caractéristique particulière de brunir dans les solutions de sels de chrome (surtout dans celle de bichromate de potasse) et seulement dans celles-là. Il nomme ces éléments *cellules chromaffines* en raison de cette affinité, et les organes qui en sont formés *organes chromaffines* ou *paraganglions*. (Les solutions chromiques, même quand elles le brunissent peu, seraient les seules à fixer le contenu cellulaire.) Ce ne sont point des surrénales ni des portions de surrénales, mais des organes *sui generis*, dont les éléments procèdent des ganglions chez l'embryon, et restent le plus souvent en rapport avec eux pendant toute la vie. Ce sont des annexes du système nerveux.

Chez les Sélaciens, pour les *corps suprarénaux* de Balfour, la chose est de toute évidence. A mesure qu'on monte dans la série, cela devient moins net. Malgré les découvertes de Dostojewski, Stilling, montrant cette prétendue substance médullaire accessoire dans les gros ganglions sympathiques abdominaux, on pouvait soutenir, vu la proximité des surrénales, qu'elle s'est détachée de ces dernières. Kohn, chez les Mammifères, puis Kose (1898) chez l'homme, l'ont méthodiquement recherchée, et démontré son existence *tout le long du cordon sympathique*, jusqu'au niveau du cou d'une part, jusque dans le bassin de l'autre. Les cellules chromaffines y sont partout présentes[1], mais très inégalement réparties, quelquefois réunies en véritables petits organes paraganglionnaires, ailleurs dispersées en petits groupes, ou même à l'état isolé. Au niveau des capsules surrénales, un groupe considérable de ces cellules a pénétré secondairement, à la suite des ganglions nerveux, dans la masse épithéliale corticale qui représente la véritable surrénale. La substance médullaire est simplement un gros *paraganglion suprarénal*. Au voisinage du ganglion cervical supérieur, Kohn étudie l'évolution et la structure de la *glande carotidienne* et montre que ce n'est qu'un autre paraganglion (*Parag. intercarotium*). Ainsi s'explique sa richesse en nerfs et cellules ganglionnaires.

Enfin, les choses en étaient là quand, en 1901, Zuckerkandl[2] découvrit, dans l'espace rétropéritonéal du nouveau-né, de chaque côté de l'aorte abdominale (près de la naissance de l'artère mésentérique inférieure), et dans le plexus nerveux qui l'entoure, les deux petits organes énigmatiques

[1] STILLING : Die chromophilen Zellen und Körperchen des Sympathicus. *Anatomischer Anzeiger*, t. XV, 1898, p. 229.

[2] KOHN : Chromaffine Zellen; chromaffine Organe; Paraganglien. *Prager medicinische Wochenschrift*, n° 27, 1902, et tirage à part. — Ses premiers mémoires in *Archiv für mik. Anatomie*, t. LIII, 1898; t. LVI (Carotisdrüse...) 1900. — *Prager med. Wochenschrift*, 1898. — *Anat. Anzeiger*, t. XVIII, 1901.

[1] Bien visibles surtout chez le fœtus âgé et le nouveau-né, où l'on peut pratiquer des coupes en série.

[2] ZUCKERKANDL : *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft*, t. XV. Bonn, 1901.

qu'il appela *parasympathiques*. (On dit aussi maintenant *organes de Zuckerkandl.*) Kohn y vit aussitôt des paraganglions. Et, de fait, Zuckerkandl les trouva constitués par les cellules chromaffines caractéristiques, et accepta cette interprétation, que justifie, en outre, leurs rapports intimes avec le sympathique (paraganglions mésentériques inférieurs [1]).

Il est peu probable qu'on aille, avec Kohn, jusqu'à cesser de considérer la substance médullaire des surrénales des Mammifères comme partie intégrante de ces organes, d'autant plus que les liens fonctionnels entre ces deux portions paraissent assez intimes. Mais, cette réserve faite, la conception du groupe des organes chromaffines paraît justifiée, et un certain nombre de travaux viennent déjà l'appuyer. C'est d'abord Kose [2], qui confirme pleinement la présence des cellules en question dans le sympathique des Mammifères, et les trouve chez l'homme, les considère comme partie intégrante du sympathique. C'est Wiesel [3], qui montre que chez l'embryon de porc, chez l'embryon humain, la substance médullaire surrénale d'apparition tardive « tire uniquement et seulement son origine du sympathique et de ses ganglions », et pénètre par voie d'immigration dans l'ébauche corticale *déjà organisée* et bien limitée. (Remak, Kölliker, Balfour ont défendu depuis longtemps l'origine sympathique, mais admis une fusion précoce des deux ébauches, suivis par Rabl, Fusari, Inaba, Srdinko, Brauer). Wiesel aperçoit, sur l'embryon humain de 51 millimètres, en même temps que l'apparition de la chromaffinité, la première ébauche de l'organe de Zuckerkandl. Diamare [4] revient de ses premiers doutes, et admet que les *nidi cellulari simpatici* sont bien les homologues des corps suprarénaux des Sélaciens, caractérisés par la chromaffinité. Mais Kohn avait une tendance trop marquée, dans ses premiers travaux, à considérer les cellules chromaffines comme des éléments nerveux spéciaux. Diamare, Giacomini [5] réagissent contre cette tendance ; malgré leur origine, ce sont des cellules épithéliales à sécrétion interne spécifique. Swale Vincent [6], dès 1897, avait montré que les corps suprarénaux des Sélaciens ont des rapports plus étroits avec le système vasculaire qu'avec le système nerveux, et que l'extrait de ces véritables « glandes vasculaires sanguines » en injection intra-veineuse augmente la pression artérielle, de même que l'extrait de la substance médullaire des Mammifères. Même, d'après lui, l'extrait de la substance corticale et de l'interrénal des Sélaciens n'aurait aucune action sur cette pression.

[1] A cause de leurs rapports avec la naissance de l'artère de ce nom.
[2] Kose : *Prag. Jahrg.*, 1898.
[3] Wiesel : *Anatomische Hefte*, Bd. XVI, 1901, p. 115, et Bd. XIX, 1902, p. 483.
[4] Diamare : *Anatomischer Anzeiger*, Bd. XX, 1902.
[5] Giacomini : Sur la fine structure des capsules surrénales des Amphibiens et sur les nids cellulaires du sympathique de ces Vertébrés. Sienne, 1902.
[6] Swale Vincent : *Anatomischer Anzeiger*, t. XIII.

Bonnamour et Pinatelle [1], en ce qui concerne l'organe parasympathique, confirment pleinement les conclusions de Zuckerkandl au point de vue anatomique, et précisent la forme, les dimensions et les rapports de cet organe, qu'ils ont trouvé constamment (sur 32 corps de fœtus âgés ou jeunes enfants examinés), mais ils n'y voient pas la structure des surrénales.

Pourtant, Biedl et Wiesel [2] y retrouvent les éléments chromaffines caractéristiques, et montrent que son extrait injecté a, sur la pression sanguine, la même action que l'extrait surrénal. Comme cet organe s'atrophie chez l'adulte, ils en font une sorte de surrénale accessoire et d'attente, dont la fonction serait limitée à la vie intra-embryonnaire.

Il est évident que, pour régler définitivement cette question des organes chromaffines, il faut entreprendre une révision complète et patiente, dans toute la série, de leur structure et de leur développement. C'est un travail de longue haleine où viennent de s'engager plusieurs chercheurs [3].

Giacomini [4], chez les Cyclostomes (*Petromyzon*), retrouve deux séries d'organes surrénaux : l'une, correspondant à la substance corticale, est divisée en de nombreux petits lobules épithéliaux autour des veines caves ; l'autre, correspondant à la médullaire, est constituée par un tissu chromaffine situé sur les côtés de l'aorte et de ses premières ramifications.

Grynfellt [5] reprend l'étude des Sélaciens. Les corps suprarénaux de Balfour sont pairs et primitivement métamériques, siégeant sur les petites branches collatérales segmentaires de l'aorte en toute la longueur de la cavité abdominale. Le premier est le corps suprarénal axillaire (cœur axillaire des anciens), généralement en rapport avec l'artère du même nom. Leurs dispositions définitives sont réglées par celles des artères segmentaires. Là où elles se répètent régulièrement en chaque segment (*Acanthias*, *Mustelus*, *Galeus*), il y

[1] Bonnamour et Pinatelle : *Bibliographie anatomique*, t. XI, 1902, p. 127.
[2] Biedl et Wiesel : *Archiv. für die gesammte Physiologie*, 1902, t. XCI, p. 134.
[3] A. Pettit, dont la *Thèse* a été analysée dans cette *Revue* (1896), avait déjà entrepris un travail d'ensemble d'Anatomie comparée, au cours duquel il a donné de précieuses indications sur l'histo-physiologie des surrénales considérées comme glandes à sécrétion interne.
[4] Giacomini : *Monitore Zoologico italiano*, t. XII, 1902, et *Archives italiennes de Biologie*, t. XXXIX, 1903.
[5] Grynfellt : Recherches anatomiques et histologiques sur les organes surrénaux des Plagiostomes. *Bulletin scientif. de la France et de la Belgique*, t. XXXVIII, 1903, et *Thèse doctorat ès-sciences*, Paris, 1903.

a presque autant de paires de corps suprarénaux que de segments (l'axillaire étant toujours dû à la fusion de plusieurs), 31 chez l'*Acanthias vulgaris*, sur 34 segments. Là, au contraire, où elles sont irrégulières, dissymétriques, inconstantes à certains niveaux, partiellement fusionnées, les corps primitivement métamériques qu'elles portent, issus des ganglions, se fusionnent de même, et se disposent irrégulièrement (*Torpedo* par exemple, où il y a 12 à 14 paires seulement, axillaire à part).

Les cellules chromaffines constituantes ont le mode de groupement typique des épithéliums, sans qu'il y ait interposition entre elles de substance fibrillaire, comme l'ont cru la plupart des auteurs (Chevrel, Swale Vincent, Kohn). Elles sont réunies en cordons comme dans la plupart des glandes à sécrétion interne, et non en lobules distincts isolables. Elles peuvent se présenter sous deux états, tenant à deux stades différents de fonctionnement: 1° l'*état chomaffine* typique, dû à la présence de fins granules chromaffines isolables sur le vivant, peu réfringents, brunissant par les solutions chromiques, noircissant par l'acide osmique pur, mais ne se dissolvant pas par les essences éclaircissantes, vivement colorables par la safranine et le violet de gentiane, point par l'hématine, ni par l'éosine, se dissolvant dans l'alcool et la plupart des fixants; 2° l'*état vacuolisé* : aux grains, disparus en partie ou en totalité, ont fait place de larges vacuoles claires, non colorables; la cellule paraît souvent comme réticulée; elle se plisse, revient sur elle-même, surtout dans les pièces incomplètement fixées, d'où l'aspect de fibrilles entre les cellules chromaffines.

Les corps interrénaux ne sont pas en rapport immédiat avec les artères segmentaires (ni avec le sympathique), ni influencés par elles. Nés, comme l'a montré van Vijhe (1889), d'ébauches paires métamériques dans la région du pronéphros, ils restent divisés, chez les Raies, en deux séries irrégulières de corpuscules arrondis, pouvant aller jusqu'à huit de chaque côté. Le plus souvent, ils se fusionnent en un organe impair médian. Constitués également de cordons cellulaires, ils ont des cellules plus régulières, renfermant, à la manière de la couche spongieuse corticale des surrénales[1], de grosses gouttes d'une substance trouvée grasse à l'analyse chimique, noircissant par l'acide osmique, mais se dissolvant généralement dans les essences.

D'autre part, Soulié[2] reprend avec le plus grand soin l'ontogenèse des surrénales, en la poursuivant parallèlement chez la grenouille, le lézard, le poulet, la perruche ondulée et 12 espèces de Mammifères, et en discutant méthodiquement tous les résultats antérieurs. De ce vaste et patient travail de synthèse, il conclut que la substance corticale naît indiscutablement, dans toute la série, de l'épithélium péritonéal (mesothelium) à la face interne du mésonéphros, le long de la racine du mésentère (zone surrénale), par une série de centres de prolifération plus ou moins continus entre eux, jamais parfaitement métamériques. L'ébauche médullaire constitue bien en réalité un organe différent, qui vient, chez les Mammifères surtout, s'associer intimement, au point de vue fonctionnel, avec le premier. Née assez tardivement des ganglions sympathiques voisins, incomplètement différenciée à la naissance alors que la corticale l'est entièrement, elle vient secondairement contracter des rapports intimes avec celle-ci, s'accolant simplement à elle chez les Reptiles, la pénétrant irrégulièrement chez les Oiseaux, complètement englobée par elle chez les Mammifères. Il montre donc mieux encore que Wiesel l'immigration tardive et secondaire de ce que Kohn appelle le paraganglion suprarénal, par le hile, dans un organe cortical déjà constitué et entouré d'une capsule. La surrénale des Mammifères est due à l'association morphologique et fonctionnelle étroite, intime, de deux organes d'origine et de signification différente. Quant à l'ébauche médullaire primitive, elle est pour lui non un dérivé du sympathique, mais plutôt une formation juxtaposée. Le ganglion sympathique embryonnaire est formé de cellules toutes semblables en apparence, mais encore indifférentes et que leur évolution future permet de classer en deux sortes distinctes : les cellules sympathiques embryonnaires, et ce que Soulié appelle les *cellules parasympathiques*. Les premières se transformeront d'abord en neuroblastes, les secondes prendront un peu plus tard le caractère chromaffine. Alors seulement on pourra les reconnaître. Jamais, comme le fait remarquer Swale Vincent, on n'a trouvé de formes de transition entre les deux. Ce seraient, en d'autres termes, non des cellules nerveuses transformées, mais (un peu à la façon des cellules des plexus choroïdes) des cellules secrétantes dérivant d'une ébauche destinée à former surtout du tissu nerveux. En disant que les éléments parasympathiques sont « annexés, accolés » ou « inclus » dans les ganglions embryonnaires sans affirmer autrement leur origine ectodermique, l'auteur semble même laisser la porte ouverte à l'hypothèse que ces éléments pourraient être immigrés et avoir une autre provenance blastodermique. L'organe de Zuckerkandl est net-

[1] Voir l'analyse du travail de Guieysse dans la Revue annuelle de l'an dernier. Bernard et Bigard, Mulon, Plecnick ont montré que la matière contenue dans les vacuoles de la substance spongieuse décrites par Guieysse est une graisse, mais une graisse spéciale.

[2] Soulié : Recherches sur le développement des capsules surrénales chez les Vertébrés supérieurs. *Journal de l'Anatomie*, et *Thèse Doctorat ès-sciences*, Paris, 1903.

tement chromaffine et peut être assimilé à une capsule surrénale accessoire (médullaire).

Quant à l'évolution ontogénique comparée de la substance corticale, elle montre nettement que la zone glomérulée joue le rôle de zone génératrice. De là, les éléments passent dans la zone fasciculée, dont la couche externe ou spongieuse est l'assise élaboratrice par excellence[1], puis dans la zone réticulée qui est une région consomptive où elles se détruisent. Substance corticale et substance médullaire sont deux glandes à secrétion interne, plus ou moins intriquées, fonctionnellement associées, jouant un rôle très actif dans la régulation de la pression sanguine et dans la destruction des substances fatiguantes produites pendant le travail musculaire (Abelous et Langlois). La substance médullaire parait être la plus active.

§ 3. — Glande pituitaire.

L'histoire de cette dernière est mieux connue et son origine plus nette. L'étude récente de Launois et Mulon[2] nous apporte pourtant d'intéressants détails nouveaux sur son histophysiologie. Ces auteurs décrivent dans les tubes constituants trois sortes d'éléments : 1° *des cellules éosinophiles* petites, à protoplasma se colorant simplement par l'éosine; 2° des *cellules cyanophiles*, prenant au contraire l'hématéïne dans le mélange hématéïne-éosine, les unes non granuleuses, les autres plus grosses, « farcies » de granulations violet foncé; 3° enfin des *cellules sidérophiles*, c'est-à-dire renfermant de nombreuses granulations colorables par l'hématoxyline au fer.

Pendant la grossesse, chez la femme, le lobe glandulaire du corps pituitaire subit une hypertrophie considérable, comme l'a le premier montré Comte[3]. Certains tubes, au voisinage du pédicule, restent petits et exclusivement formés de cellules éosinophiles; les autres, dans la portion postérieure de la glande surtout, augmentent considérablement de diamètre. On y rencontre les trois variétés de cellules, les sidérophiles plus nombreuses, et fréquemment accumulées vers le centre sans limites distinctes, formant une sorte de syncytium. Au milieu de ces amas, on trouve des sortes de flaques de substance sidérophile amorphe, qui semble être le produit de sécrétion. On trouve aussi une substance colloïde dans certains espaces tapissés d'épithélium cubique. Tous les tubes convergent vers le centre de la glande, plus régulièrement qu'à l'état normal. Pendant la grossesse, il y a donc un hyperfonctionnement de la glande, qui se traduit surtout par « une augmentation de nombre et une hyperactivité fonctionnelle » des cellules sidérophiles. Le produit de sécrétion parait être déversé dans les capillaires dilatés. Tandis que la glande thyroïde présiderait à la trophicité du tissu conjonctif, la pituitaire semblerait « régler la trophicité des tissus cartilagineux et osseux » (Launois).

[1] Voir Guieysse : *loc. cit.*

[2] Launois et Mulon : Etude sur l'hypophyse humaine à la fin de la gestation. *C. R. de l'Association des Anatomistes*. Liège, 1903. Voy. aussi *C. R. Soc. de Biologie*, 1903.

[3] Louis Comte : Contribution à l'étude de l'hypophyse humaine. *Thèse de Doctorat*. Lausanne, 1898.

V. — Organes de la circulation.

§ 1. — Système artériel; son évolution, ses variations.

On sait combien sont nombreuses les anomalies ou plutôt les variations dans la circulation artérielle, particulièrement au niveau des membres. Depuis une dizaine d'années, un certain nombre d'auteurs ont cherché la raison de ces variations, les uns, dans l'étude rationnelle des anomalies elles-mêmes, comme Stieda (1894), les autres, dans l'étude comparée de la vascularisation des membres dans la série des Vertébrés, comme Zuckerkandl (1893-1896), Schwalbe (1895), Hochstetter (1890-1891), Popowski (1893-1894), Salvi (1898-1899), etc... D'une façon générale, ces auteurs ont montré qu'une foule d'anomalies vasculaires humaines sont des formations primaires, existant normalement chez les Vertébrés inférieurs; en d'autres termes, ce sont des formes ataviques conservées.

Mlle Bertha de Vriese[1], élève du Professeur Leboucq, reprend cette question en y introduisant un autre facteur. Puisque l'ontogenèse, ou développement de l'individu, est, souvent au moins, la répétition de la phylogenèse, ou développement de l'espèce, les vaisseaux primaires des Vertébrés inférieurs doivent reparaître chez l'embryon humain, et les dispositions dites anormales ne sont autres que ces formes primaires. Une petite irrégularité dans le développement a suffi pour les conserver. Et l'auteur a d'abord cherché à vérifier cette hypothèse en suivant le développement des vaisseaux des membres chez l'embryon humain (ce qui n'avait pas encore été fait méthodiquement), et en comparant les résultats obtenus à ceux que fournit l'Anatomie comparée.

Mlle de Vriese admet, avec F. Mall, ce principe que l'importance d'une artère dépend de la rapidité avec laquelle le sang y circule; cette rapidité venant à diminuer, le vaisseau s'atrophie; si elle augmente, il s'élargit. Elle établit d'abord que c'est sur des embryons humains du deuxième mois et de 10 à 50 millimètres que se font les variations : au troisième mois, le plan de circulation de l'adulte

[1] Bertha de Vriese : Recherches sur l'évolution des vaisseaux sanguins des membres chez l'homme. *Archives de Biologie*, t. XVIII, 1902, p. 665.

se retrouve déjà, à peu de chose près. Les *premières voies artérielles sont parallèles aux nerfs*; chaque tronc nerveux est entouré par un véritable plexus vasculaire. Zuckerkandl, Hyrtl ont montré, dans la série, pareille disposition chez les Édentés adultes, si arriérés à tant d'autres points de vue; chez les Reptiles adultes, il y a, d'autre part, parallélisme constant des artères et des nerfs (Zuckerkandl). Chez l'embryon humain, dans chaque plexus périnerveux, un vaisseau s'élargit, devient peu à peu prédominant et constitue l'artère du nerf; il garde encore assez longtemps la structure d'un simple capillaire. Les autres vaisseaux du plexus s'atrophient ou demeurent rudimentaires. Entre les divers plexus existent des anastomoses dont nous verrons le rôle important. Dans les moignons embryonnaires des membres, les nerfs étant différenciés avant tout autre organe, avant les muscles et le squelette, « le sang sera en quelque sorte invité à suivre la voie des nerfs »; il trouvera moins de résistance dans ce chemin tout frayé.

Plus tard, des modifications s'établissent. La voie parallèle à tel nerf l'emporte peu à peu sur telle autre, ou bien une anastomose d'abord insignifiante entre deux plexus, entre deux artères primitives, devient une voie sanguine importante, et il se forme ainsi des artères « en apparence nouvelles »..., « mais qui ne sont composées, en réalité, que de fragments de signification différente, développés à des époques différentes de la vie intra-utérine », fragments empruntés les uns aux vaisseaux primaires, les autres à des anastomoses.

Prenons quelques exemples.

Au membre supérieur, l'*interosseuse palmaire*, vaisseau généralement rudimentaire chez l'homme adulte, est le vaisseau fondamental de l'avant-bras chez les Amphibies et les Reptiles, et par conséquent le vaisseau phylogénétiquement le plus ancien. Chez les Rongeurs et les Carnivores, c'est lui qui donne, par anastomose avec la cubitale, l'arcade palmaire profonde. L'*artère du nerf médian*, petite branche chez l'homme adulte, est, d'autre part, bien développée chez la majorité des Mammifères, et y fonctionne souvent aussi comme artère fondamentale de l'avant-bras. Au contraire, la *cubitale* et la *radiale*, les deux vaisseaux importants chez l'homme, peuvent être rejetés au second ou troisième plan chez beaucoup d'espèces de Mammifères, la cubitale surtout.

Or, chez l'embryon humain de 10 millimètres, nous trouvons, à la racine du membre supérieur, une artère axiale (future axillaire) suivant le plexus brachial, qui envoie collatéralement une artère du nerf radial, puis une artère du nerf cubital, suivant chacun de ces nerfs depuis son origine. Le tronc lui-même s'accole au nerf médian Arrivé à l'avant-bras, il se divise en deux branches, dont l'une continue à suivre le même nerf (artère du nerf médian), l'autre devient satellite du nerf interosseux palmaire : artère du nerf interosseux palmaire. A ce moment, la majeure partie du sang du tronc axial passe par cette dernière pour arriver à l'arcade palmaire profonde (formée par anastomose avec l'artère du nerf cubital); c'est donc, comme chez les Vertébrés inférieurs, la voie artérielle principale.

Un peu plus tard (embryon de 13 millimètres), l'*artère du nerf médian*, qui tend à augmenter tandis que l'*interosseuse palmaire* diminue, reprend à cette dernière, dont la partie distale s'atrophie, et grâce à une anastomose, son domaine palmaire. Elle devient ainsi à ce deuxième stade la voie sanguine prédominante à l'avant-bras.

Quant à l'*artère du nerf cubital*, ce n'est point la cubitale de l'adulte; en effet, peu à peu, elle s'atrophie dans sa portion humérale, et il n'en reste pour tout vestige que la récurrente cubitale et la collatérale interne sup. Mais, secondairement (fœtus de 16 millimètres), une anastomose entre l'artère axiale, au niveau du coude, et la portion distale de l'artère du nerf cubital se développe et devient la *cubitale* vraie. — La *radiale* définitive se forme un peu plus tard par un procédé analogue. Et peu à peu, ces deux derniers vaisseaux grossissant, tandis que les premiers diminuent, ils paraissent constituer, chez l'adulte, la bifurcation terminale de l'artère humérale (ou axiale).

Qu'il y ait arrêt de développement dans les premiers stades, et nous retrouverons l'une de ces trois anomalies, ou quelquefois deux simultanément : ou bien l'interosseuse palmaire reste très développée et fournit encore l'arcade palmaire profonde, — ou bien c'est la médiane qui a conservé ce rôle, — ou bien enfin il y a division prématurée de l'humérale au niveau du bras. Dans ce dernier cas, nous aurions sous les yeux non pas une radiale et une cubitale vraies, mais les artères des nerfs radial et cubital conservées.

On voit quel intérêt ces recherches apportent soudain dans l'étude un peu ingrate de l'angéiologie. Nous ne suivrons pourtant pas l'auteur quand il demande qu'à la description classique « mauvaise » qui fait de la radiale et de la cubitale les terminales par l'humérale, on en substitue une qui donne ces artères comme de simples collatérales, et considère l'interosseuse palmaire comme la terminale. C'est évidemment la solution vraie en Anatomie comparée et philosophique; mais nous doutons qu'on puisse la faire accepter en Anatomie descriptive, dans la pratique, au médecin qui ne voit que le fait actuel; ces artères ont pu être ontogénétiquement et phylogénétiquement des collatérales : elles sont

bien pour lui les terminaisons de l'humérale, au moment où il les tient sous son scalpel ou son bistouri chez l'adulte. Et il a, en somme, raison, puisqu'elles le sont devenues fonctionnellement.

Nous ne pouvons nous étendre plus longuement sur des exemples. Ajoutons pourtant qu'au *membre inférieur*, l'ontogénie de même que la phylogénie montrent dans l'ischiatique (ou artère du nerf sciatique) l'artère axiale primitive et fondamentale du membre inférieur. C'est elle qui se continue au début avec le tronc poplité et irrigue, par conséquent, la la jambe et le pied. La fémorale (ou artère du nerf fémoral) n'est d'abord qu'un vaisseau assez insignifiant, qui vient, au cours du développement, grâce à une anastomose hypertrophiée, ravir à l'ischiatique la majeure partie de son territoire de distribution. Il faut espérer que ces recherches seront reprises, vérifiées et complétées, pour revivifier cette portion de l'Anatomie et en asseoir définitivement les bases.

§ 2. — Système lymphatique.

1. *Plan d'ensemble et évolution chez les Vertébrés.* — Florence R. Sabin[1] nous montre un remarquable parallélisme dans l'évolution ontogénique et phylogénique du système lymphatique chez les Vertébrés. Il s'édifie chez les Mammifères sur le même plan que chez les Vertébrés inférieurs, mais subit de profonds remaniements. On sait que, chez la grenouille par exemple, tous les troncs lymphatiques du corps aboutissent à deux cœurs lymphatiques antérieurs, situés au voisinage de la veine jugulaire, et deux postérieurs, au voisinage de la veine iliaque transversale; ils lancent leur contenu dans ces vaisseaux, par l'intermédiaire d'une courte veine efférente. De même, chez l'embryon de porc de 14 mill. 5, on voit partir de chaque côté de la veine cardinale inférieure, vers son point de réunion avec la supérieure, un bourgeon creux : c'est le cœur lymphatique antérieur, d'où émanent, à droite la grande veine lymphatique, à gauche le canal thoracique, puis par bourgeonnement et ramification tous les vaisseaux de la partie antérieure du corps. Sur l'embryon de 20 millimètres naissent, par le même processus, deux cœurs lymphatiques postérieurs, sur les deux veines cardinales postérieures, au delà du rein. De ces deux centres rayonnent peu à peu les vaisseaux de la partie postérieure. Secondairement, ils sont rejoints par deux branches du canal thoracique, qui accaparent bientôt par ces anastomoses le transport de toute la lymphe. Sur l'embryon de 30 millimètres, les cœurs ont disparu, peu à peu allongés, transformés en simples vaisseaux musclés, devenus simples segments des troncs collecteurs. Contrairement à la théorie de Budge, et aux conclusions de Sala[1] (qui n'a pu vraisemblablement observer les premiers stades chez la Poule), le système lymphatique se développe donc bien par bourgeonnement du centre à la périphérie, comme l'avait établi Ranvier[2] après vérification partielle, et à partir des veines, selon l'hypothèse de cet auteur.

2. *Anatomie descriptive et comparée.* — Depuis longtemps, on avait mis en doute l'existence des lymphatiques chez les Sélaciens (Mayer, 1888, Ch. Robin). De Neuville[3], récemment, leur refusait même des chylifères, admis encore par Ch. Robin. Vialleton[4], à l'aide d'injections très pénétrantes dans le mésentère gastrique de la torpille, remplit un beau réseau, absolument indépendant des vaisseaux sanguins, et débouchant dans le système veineux à l'extrémité antérieure des veines cardinales. Sur l'intestin, il y a même deux réseaux, l'un superficiel, sous-séreux, l'autre profond, sous la muqueuse, mais ne pénétrant pas dans ses plis.

L'existence de lymphatiques perforant le diaphragme est établie chez les animaux, niée par certains auteurs chez l'homme; Kuttner[5] montre que les deux faces possèdent des réseaux très étendus, réunis par des anastonoses très étroites d'un côté à l'autre. Le diaphragme est, en outre, traversé, dans les deux sens, par des troncs.

Poirier et Cunéo donnent, dans le 4e fascicule du tome II (*Anatomie de Poirier et Charpy*), l'étude spéciale des lymphatiques des différentes parties du corps. A l'aide du procédé de Gerota, introduit en France par Cunéo, ils ont repris l'étude de différents points : des organes génitaux internes de la femme, du rectum, de la langue, de l'aisselle, des articulations. Cunéo[6] a particulièrement étudié les lymphatiques de l'estomac. Il les divise en trois territoires : — le supérieur, celui de la petite courbure, est le plus étendu et aboutit à une série de ganglions constituant la chaîne coronaire stomachique, située le long de cette courbure (6 à 8 gros troncs collecteurs); — l'inférieur (12 à 18 troncs plus grêles), aboutissant à la chaîne gastro-épiploïque droite, dont le principal groupe

[1] Florence R. Sabin : On the origin of the lymphatic System from the veins and the development of the lymph hearts and thoracic duct in the pig. *American Journal of Anatomy*, vol. I, p. 367, 1902.

[1] Sala : *Arch. italiennes de Biologie*, t. XXXIV, 1900, p. 453.
[2] Ranvier : *Archives d'Anatomie microscopique*, 1897, t. I. Morphologie et développement du système lymphatique, et *C. R. Académie des Sciences*, 1894, 1895, 1896.
[3] De Neuville : Contribution à l'étude de la vascularisation intestinale chez lez Cyclostomes et les Sélaciens. *Thèse*, *Sciences*, Paris, 1901.
[4] Vialleton : *Arch. d'Anatomie microscopique*, t. V, 1902.
[5] Kuttner : *XXXIIe Congrès de la Soc. allemande de Chirurgie*. Berlin, 1903. (*Semaine médicale*, 1903.)
[6] Cunéo et Delamare : *Journal de l'Anat.*, 1900, p. 393.

est le sous-pylorique, dans l'épaisseur du ligament gastro-colique ; — le gauche, aboutissant à la chaîne splénique. Avec Delamare, il étudie la répartition des lymphatiques dans l'épaisseur de la paroi stomacale.

3. *Structure et origine des vaisseaux lymphatiques.* — On abandonne de plus en plus l'ancienne théorie qui voyait dans le tissu conjonctif l'origine des capillaires lymphatiques, et admettait entre les deux de larges communications. Rappelons que Ranvier, dans la série de Notes citées plus haut, n'admet plus comme origine que des réseaux clos et des terminaisons en cœcum ; que Regaud[1] dans la mamelle (1894), dans le testicule (1897), ne trouve également que des réseaux d'origine clos, interlobulaires, et montre qu'il faut absolument rejeter, dans les glandes, l'existence de ces fentes ou espaces lymphatiques periacineux vagues, auxquels on a cru longtemps, et qui ne peuvent être que des espaces artificiels ou des espaces conjonctifs (lymphe interstitielle)... Récemment, Mac Callum[2], par l'étude de la peau du fœtus de porc âgé (injections et coupes), arrive à des résultats analogues. Séduit au début, semble-t-il, par la théorie des canaux du suc, de Recklinghausen, il l'abandonne complètement. Les prétendus canaux réservés en clair par le nitrate d'argent ne sont que des files de cellules; il n'y a ni pores, ni union directe des lacunes du tissu conjonctif avec les lymphatiques. En injectant et suivant la pénétration du bleu sous le microscope, on n'obtient, si l'on force un peu la pression, que des extravasats soudains, comme « explosifs », indiquant des ruptures. A l'extrémité des capillaires, encore en voie de développement, on trouve des bourgeons pleins semblables aux cellules angioplastiques des vaisseaux, souvent des masses plurinucléées, plus ou moins étoilées, ou une longue pièce d'union pleine, réunissant deux vaisseaux.

VI. — Organes génitaux.

§ 1. — Ovaire. Corps jaunes. Tissu interstitiel.

Les volumineux *corps jaunes* qu'on trouve à la surface d'un ovaire adulte proviennent chacun, on le sait depuis longtemps, d'un follicule de de Graaf ou ovisac, qui vient de se rompre et d'expulser son ovule. Mais quelles sont les parties du follicule qui donnent naissance au tissu spécial qui forme la masse du corps jaune? D'où viennent les grosses cellules constituantes caractéristiques, d'aspect épithélial, remplies de granulations graisseuses associées à une matière colorante jaune, dite *lutéine*, qui donne à ce tissu sa couleur? Avec Von Baer, Kœlliker, Robin, Léopold, la doctrine classique répond : l'épithélium du follicule disparaît, le corps jaune provient de l'hypertrophie de la première enveloppe conjonctive, ou thèque interne, généralement caractérisée déjà par la présence d'un certain nombre de cellules conjonctives d'aspect épithélioïde, souvent chargées de graisse (cellules interstitielles).

Dans une série de Mémoires (1896 à 1902), Sobotta[1] démontre qu'il n'en est rien : le corps jaune est essentiellement d'origine épithéliale. Il prend d'abord pour type un animal de petite taille, et facile à mettre en expérience : la souris. Il peut ainsi suivre heure par heure, avec une très grande précision, les modifications du follicule de de Graaf en voie de transformation. Il voit l'épithélium (membrane granuleuse) rester intact; puis lentement, vers la 60e heure après la rupture, ces cellules *folliculeuses* commencent à augmenter considérablement de volume, et plus tard à se charger de gouttelettes de graisse pour constituer les éléments caractéristiques du corps jaune. Mais, pendant ce temps, la thèque interne n'est pas restée inactive. Dès la première heure, ses éléments commencent à proliférer par caryocinèse et à perdre leur graisse. Redevenus cellules conjonctives jeunes, petites et mobiles, ils s'organisent alors en fins tractus (5e à 7e heure), qui s'enfoncent radiairement dans l'épithélium pour le cloisonner. Ils le traversent bientôt de part en part. Toutes les cellules de la thèque interne finissent par être ainsi employées. Secondairement, ces tractus se ramifient, s'anastomosent, découpent le gâteau épithélial en cordons constitués comme dans les glandes à sécrétion interne. A leur suite pénètrent de larges et abondants vaisseaux capillaires (60e-72e heure). Les cellules épithéliales sont devenues à ce moment cellules à lutéine.

Depuis, Sobotta a trouvé des faits analogues chez le lapin, Stratz[2] chez le *Tarsius*, Sorex et Tupaja, Bonnet chez le chien. Plus récemment, Honoré[3] chez le lapin, Van der Stricht[4] chez plusieurs

[1] Regaud : Les vaisseaux lymphatiques. *Thèse*. Lyon. 1897.
[2] W. G. Mac Callum : Die Beziehung der Lymphgefässe zum Bindegewebe. *Archiv. für Anat. und Phys.*, *Anat. Abth.*, 1902, p. 273.

[1] Sobotta : Ueber die Bildung des Corpus luteum bei der Maus. *Archiv. für mik. Anat.*, t. XLVII, 1896, p. 261; beim Kaninchen. *Anatomische Hefte*, t. VIII, 1897. Ueber die Entstehung des Corpus luteum der Säugethiere. *Ergebnisse der Anatomie*, t. XI, 1902, p. 946.
[2] Stratz : Der geschlechtsreife Säugetiereierstock. La Haye, 1898.
[3] Honoré : Recherches sur l'ovaire du lapin. *Archives de Biologie*, t. XVI, 1899.
[4] Van der Stricht : La ponte ovarique et l'histogénèse du corps jaune. *Bull. de l'Acad. roy. de Médecine de Belgique*, Avril 1901, et *C. R. de l'Assoc. des Anatomistes*. Lyon, 1901. *Annales de la Soc. de Méd.*, Gand, 1901.

chauves-souris (*Vespertilio*, *Vesperugo*), Marshall[1] chez la brebis, ont repris ces recherches sur des animaux rigoureusement sériés, et sont arrivés à des résultats semblables, c'est-à-dire ont pleinement vérifié l'origine épithéliale du corps jaune. Plusieurs anatomistes, His notamment, avaient exprimé la pensée que ce pouvait être vrai chez les petits mammifères, mais que l'origine conjonctive était trop bien établie chez les gros pour qu'on pût l'ébranler. Le travail de Marshall semble répondre victorieusement à cette objection.

Pourtant, le processus n'est pas identique chez toutes les espèces étudiées. Ainsi, Van der Stricht a établi que, chez les chauves-souris, on trouve vers le début des caryocinèses assez nombreuses dans l'épithélium même; sa masse augmenterait donc chez ces animaux, non par simple hypertrophie des éléments, comme chez la souris, mais aussi par hyperplasie. Il en est de même chez la brebis, d'après Marshall. Chez le lapin, chez la brebis, la thèque externe participe, elle aussi, à l'envoi d'éléments conjonctifs. Enfin, il est une différence plus importante, très marquée chez les chauves-souris surtout, et bien mise en évidence par Van der Stricht. Ici, la thèque interne n'est pas tout entière employée à la formation de la charpente conjonctive du corps jaune. Un grand nombre de ses cellules, dit Van der Stricht, deviennent, comme les éléments épithéliaux, des cellules à lutéine; quelques-unes se trouvent même entraînées dans les cloisons pénétrantes : la limite entre les éléments engraissés d'origine épithéliale et ceux d'origine conjonctive devient de moins en moins nette, et, dans le corps jaune à l'état achevé, il est impossible de faire la part des deux. Mais la formation de cellules à lutéine aux dépens de l'épithélium est pourtant de toute évidence, car on peut la suivre sur les éléments de la coulée épithéliale qui accompagne l'ovule dans sa migration, et dont une partie l'entoure encore dans la trompe, tandis que l'autre forme un *bouchon obturateur*. Chez les Cheiroptères donc, les cellules à lutéine du corps jaune auraient une double origine, les unes étant épithéliales, les autres conjonctives. Chez la femme, H. Rabl[2], Van der Stricht, sans avoir pu suivre en détail le processus de formation, croient pouvoir affirmer qu'il en est de même, mais que les cellules à lutéine d'origine conjonctive seraient beaucoup plus nombreuses. Ces dernières observations paraissent concilier, en quelque sorte, les deux théories, l'ancienne et la nouvelle, et montrer qu'elles ont toutes deux quelque chose de vrai, chez certaines espèces du moins. D'ailleurs, l'épithélium folliculaire et le tissu conjonctif de l'ovaire ne sont-ils pas proches parents de par leurs origines? Il faut ajouter que certains auteurs récents, Nagel, Clarck, Dœhring, Bühler[1], Kreis[2], Paladino[3]..., restent fidèles à la théorie de Von Baer ; mais il faut reconnaître, avec Sobotta, que leurs observations (faites souvent chez la femme) ne leur ont pas permis de poursuivre pas à pas le processus de développement. Sobotta (1902) maintient contre eux, contre Van der Stricht, que l'origine du corps jaune est partout essentiellement épithéliale; la différence signalée par Van der Stricht se réduirait à ceci : de grosses cellules interstitielles à lutéine existaient dans la thèque interne avant la rupture du follicule; elles *persistent* en partie, de sorte que, plus tard, il devient impossible ou difficile de les distinguer des épithéliales; contenir de la graisse à lutéine est chose banale, il n'en faut point faire un caractère spécifique. Il semble donc vouloir les exclure du corps jaune. C'est un point délicat, qui exige évidemment des recherches nouvelles.

Faisons une place à part à Belloy[4], qui a été un des premiers à confirmer chez le cobaye et chez le rat les résultats de Sobotta. Mais il va beaucoup plus loin, en ce sens qu'il fait dériver de la membrane épithéliale le tissu conjonctif lui-même et les vaisseaux avec leurs hématies. Personne ne l'a suivi aussi loin jusqu'à présent.

D'après Sobotta, il n'y a aucune différence essentielle entre l'évolution des follicules dont l'ovule a été fécondé, et celle des autres, c'est-à-dire entre les corps jaunes de la grossesse et ceux de la menstruation. Paladino[5] est du même avis. Waldeyer[6] présente une observation à l'appui : c'est celle d'une femme de quarante-cinq ans, n'ayant pas eu de grossesse depuis vingt ans, et dans l'ovaire de laquelle on trouvait deux très gros corps jaunes (caractère attribué à ceux de la grossesse seule). Il n'y aurait donc pas lieu, pour ces auteurs, d'appeler les uns *vrais*, les autres *faux* corps jaunes; ce sont tous des vrais.

Ceux auxquels il faut réserver le nom de faux, pour Beigel, Paladino, Bouin[7], ce sont les corps jaunes atrétiques (Kœlliker), c'est-à-dire les très petits corps qui se forment depuis la naissance, par suite de l'atrophie bien connue (Reinhardt, Paladino, Henneguy) de nombreux ovisacs. Ceux-là sont manifestement dûs à la persistance des cellules interstitielles de la thèque interne, comme le montrent Paladino et Bouin. Ils invoquent ce fait

[1] MARSHALL : Preliminary communication on the œstrous cycle and the formation of the corpus luteum in the sheep.
[2] H. RABL : *Anatomische Hefte*, t. XI, 1898.

[1] BUHLER : *Verhandlungen der Anat. Gesell.* Pavia. 1900.
[2] KREIS : *Archiv für Gynäkologie*, t. LVIII, 1899.
[3] PALADINO : *Anatomischer Anzeiger*, t. XVIII, 1900.
[4] BELLOY : *C. R. de l'Assoc. des Anat.*, 1899, p. 47.
[5] PALADINO : *Anatomischer Anzeiger*, t. XVIII, 1900.
[6] WALDEYER : *Verh. der Anatom. Gesellsch.* Tübingen, 1899.
[7] BOUIN : *Bibliographie anatomique*, t. VII, 1899.

contre la théorie de Sobotta, qui répond que ce sont là des formations tout à fait différentes.

Quoi qu'il en soit, ces corps jaunes atrétiques ne sont pas sans importance dans la constitution du tissu de l'ovaire chez certaines espèces, comme le montre la thèse de Limon[1], inspirée par Bouin. Très petits et sans grand intérêt chez la femme, où ils semblent disparaître, probablement en laissant derrière eux des cellules interstitielles éparses, ces corps acquièrent une importance considérable chez les petits Mammifères, où ils donnent naissance aux nombreuses et grosses cellules interstitielles qui constituent, ici, la masse principale du tissu ovarien. Chez le rat, quelques jours après la naissance, dans la thèque interne des follicules, constituée jusque-là de tissu conjonctif banal, se différencient de nombreuses cellules interstitielles épithélioïdes. Survient l'atrésie de nombreux follicules. Dans chacun d'eux, l'épithélium disparaît; la thèque interne, au contraire, s'épaissit et constitue à elle seule un corps jaune atrétique. Contrairement aux vrais, ceux-ci sont persistants, croissent encore, et sont secondairement dissociés, par le tissu conjonctif ordinaire, en masses et traînées qui constituent la majeure partie du tissu de l'ovaire adulte. Le processus est à peu près le même chez le lapin, avec des différences de date; de plus, c'est seulement après leur dissociation que les cellules épithélioïdes grossissent et s'engraissent.

Il résulte de tout ceci qu'on trouve, dans l'ovaire adulte, deux tissus très voisins par l'aspect et les propriétés : d'une part, les amas de cellules interstitielles (c'est ce que Limon appelle la *glande* interstitielle de l'ovaire); d'autre part, les corps jaunes proprement dits, résultant de la rupture de follicules mûrs. Ces deux formations sont bâties sur le plan des glandes à sécrétion interne et semblent en jouer le rôle. Mais quel est ce rôle dans le cas particulier? Les physiologistes admettent dans l'ovaire une sécrétion interne, mais sur la nature et le but de laquelle on n'est pas bien fixé. Disons seulement que Beard[2] a proposé cette hypothèse : la sécrétion du corps jaune est destinée à supprimer ou à rendre abortive l'ovulation pendant la gestation. Prenant[3] ajoute qu'elle peut être aussi destinée à corriger l'influence fâcheuse exercée sur l'organisme par la fonction ovarienne, la menstruation, la gestation. Fränkel[4], par ablation des deux ovaires (castration double) chez la lapine, ou par la destruction des corps jaunes au thermo-cautère, a provoqué l'atrophie de l'utérus; dans le second cas, elle ne faisait que commencer et s'arrêtait avec la maturation de nouveaux follicules et la formation de nouveaux corps jaunes. La castration double, entre le premier et le sixième jour de la gestation, ou la destruction au thermo-cautère des corps jaunes arrêta cette gestation; l'utérus (où l'ovule n'était pas encore arrêté) demeura vide (treize expériences). La même castration double entre le neuvième et le vingtième jour (neuf expériences) a amené l'avortement par atrophie des annexes et du fœtus. L'auteur en conclut que la sécrétion du corps jaune, versée dans le sang, a, sur l'utérus, une action vaso-dilatatrice, y produit une hyperhémie, empêchant l'atrophie et aboutissant au flux menstruel; pendant la grossesse, en entretenant cette hyperhémie, elle permet à l'utérus de pourvoir au développement de l'embryon.

[1] Limon : Etude histologique et histogénique de la glande interstitielle de l'ovaire. *Thèse*. Nancy. 1901.
[2] Beard : *Anatomischer Anzeiger*, 1897.
[3] Prenant : *Revue médicale de l'Est*, 1898.
[4] Frankel : *Archiv. für Gynäkologie*, t. LXVIII, 190.

§ 2. — Spermatogenèse.

Nous tenons à compléter ce que nous avons dit dans notre dernière revue du Mémoire de Félizet et Branca[1]. Sous un titre très modeste, les auteurs se trouvent obligés, chemin faisant, d'aborder plusieurs questions controversées d'Histologie normale, et nous apportent des documents du plus haut intérêt. Balbiani, puis Prenant (*Thèse*, 1887), ont établi qu'après dégénérescence des ovules mâles, il y a chez l'enfant unification de l'épithélium du tube séminifère; on n'y trouve plus que des petites cellules épithéliales. Bouin, en étudiant l'involution du testicule adulte dans les cas de ligature du canal déférent, a établi que spermatogonies et cellules de Sertoli reviennent au même état embryonnaire et en conclut que les secondes sont sœurs et non mères des premières. Félizet et Branca constatent que, dans le testicule ectopique, chez l'enfant, même unification se produit. Plus tard, à la puberté, une partie des tubes séminifères grossissent, et font une tentative, vite avortée d'ailleurs, pour arriver à produire des spermatozoïdes. Tantôt toutes les petites cellules épithéliales se transforment en cellules de Sertoli qui finissent par dégénérer. Tantôt une partie d'entre elles forment, en outre, ces spermatogonies qui peuvent parfois arriver jusqu'au spermatocyte, très rarement jusqu'à la spermatide, jamais au delà. Ce sont là de nouvelles observations très précieuses en faveur de la théorie uniciste sous sa dernière forme : cellules de Sertoli et spermatogonies sont des cellules sœurs provenant d'un même élément épithélial indifférent.

E. Laguesse,
Professeur d'Histologie à la Faculté de Médecine de Lille.

[1] Félizet et Branca : Recherches sur le Testicule en ectopie. *Journal de l'Anatomie*, 1902, p. 329.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Poincaré (H.), *Membre de l'Institut.* — **Figures d'équilibre d'une masse fluide.** (*Leçons professées à la Sorbonne en* 1900 *et rédigées par* M. L. Dreyfus.) — 1 *vol in-8° de* 210 *pages.* (*Prix* : 7 *fr.*) *C. Naud, editeur. Paris*, 1903.

Ce nouveau volume de M. H. Poincaré contient des leçons professées à la Sorbonne en 1900, sur l'équilibre d'une masse fluide, homogène ou non, immobile ou animée d'un mouvement de rotation uniforme, ainsi que sur la constitution probable de l'anneau de Saturne. En voici les subdivisions :

Chapitre I. — Théorèmes généraux sur le potentiel Newtonien.

Chapitre II. — Masse homogène fluide. — Théorie de Liapounoff. La sphère est la seule figure d'équilibre, si la masse est immobile. Limites de la vitesse de rotation compatible avec l'équilibre. La stabilité exige que l'axe de rotation soit le petit axe de l'ellipsoïde d'inertie de la masse.

Chapitre III. — Fonctions sphériques.

Chapitre IV. — Masse fluide hétérogène; problème de Clairaut. Relation entre l'aplatissement, la pesanteur et la force centrifuge à l'équateur. Détermination précise de l'aplatissement. Comparaison de la théorie et des observations.

Chapitre V. — Masse solide recouverte d'une masse fluide. Théorème de Stokes. Pesanteur en un point de la surface du géoïde.

Chapitre VI. — Fonctions de Lamé. Leur formation. Leurs propriétés.

Chapitre VII. — Attraction des ellipsoïdes. Ellipsoïde de Maclaurin. Ellipsoïde de Jacobi. Figures dérivées de l'ellipsoïde de Maclaurin et de l'ellipsoïde de Jacobi. Stabilité des figures trouvées. Echange des stabilités. Conclusions.

Chapitre VIII. — Anneau de Saturne. Hypothèse de l'anneau solide. Anneau liquide. Hypothèse de Cassini. Discussion.

Les chapitres VI et VII sont les plus importants de l'ouvrage. Dans le chapitre VI, les propriétés essentielles des fonctions de Lamé, pour le développement du potentiel en coordonnées elliptiques, sont rattachées à celles de la fonction $p(u)$. Dans le chapitre VII, sont exposées les belles recherches de M. Poincaré sur les formes d'équilibre autres que les ellipsoïdes. Ces formes ressemblent à celles que prendrait l'ellipsoïde en vibrant, sans changement de volume, avec trois ou quatre lignes nodales dans des plans parallèles à l'axe de rotation. Par suite du refroidissement à masse constante, la vitesse angulaire augmente. Partant d'un ellipsoïde de révolution presque sphérique aux hautes températures, on arrive progressivement à l'ellipsoïde de révolution limite d'un ellipsoïde de Jacobi; puis c'est l'ellipsoïde de Jacobi qui devient stable; enfin, la vitesse de rotation croissant toujours, l'ellipsoïde de Jacobi devient instable; et il semble probable qu'il se transforme en cette figure piriforme, tournant autour d'un axe perpendiculaire à sa longueur, qu'a découverte M. Poincaré, et qui, elle, serait stable à son tour, au moins entre certaines limites de vitesse. Toute cette discussion est du plus haut intérêt, bien que réduite, dans ce livre, à sa partie strictement mathématique.

M. Brillouin,
Professeur au Collège de France.

Schlee (P.), *Professeur à l'Ecole réale supérieure de Hambourg.* — **Schülerübungen in der elementaren Astronomie.** — 1 *brochure in-8° de* 16 *pages de la Collection des publications scientifiques et pédagogiques. Schmeil et Schmidt, éditeurs. Magdebourg et Leipzig*, 1903.

Dans cet opuscule d'une quinzaine de pages, le Dr Paul Schlee, maître d'Ecole réale supérieure à Hambourg, recommande vivement d'appliquer la méthode intuitive à l'étude de l'Astronomie élémentaire. Reprenant les idées du fameux pédagogue allemand Diesterweg, il désire que les élèves, même les plus jeunes (dès dix ans), soient mis à même de faire de nombreuses observations de géographie mathématique. Sur une simple cloche de verre, ils commenceront par marquer, souventes fois, la route du Soleil observée sur la voûte céleste. Ils trouveront ainsi que cette route se déplace parallèlement. Plus tard, à l'aide du gnomon, ils mesureront eux-mêmes la hauteur de l'astre, trouveront la ligne méridienne, l'obliquité de l'écliptique. Ils seront amenés à observer patiemment le mouvement diurne, puis le mouvement annuel, le jour sidéral, enfin l'orbite de la Lune, la présence des nœuds, la possibilité des éclipses. Tout cela sera rapporté au point de vue géocentrique. L'observation des planètes (en particulier pour 1903: Mars, Jupiter, Saturne), avec leurs rétrogradations, permettra alors, et seulement alors, d'entrer dans l'enseignement du système de Copernic et d'arriver au point de vue héliocentrique. C'est bien là l'idée maîtresse de l'auteur : inspirer l'enseignement de la Géographie astronomique de l'idée qu'il doit suivre, en quelque sorte, une marche parallèle au développement historique des connaissances humaines, résumé dans les deux systèmes de Ptolémée et de Copernic. Il est bon de rappeler ici que Gunther et Pick ont déjà recommandé les mêmes conclusions.

Ed. Demolis,
Maître à l'Ecole professionnelle de Genève.

2° Sciences physiques

Rodet (J.), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Distribution de l'Energie par courants polyphasés** (2e *édition*). — 1 *vol. in-8° de* 561 *pages avec* 273 *figures.* (*Prix* : 15 *francs.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

Le transport de l'énergie à grande distance a donné à l'étude des courants polyphasés, et particulièrement des courants triphasés, une importance très actuelle. La deuxième édition de l'ouvrage de M. Rodet ne peut, à ce point de vue, qu'être favorablement accueillie du public des ingénieurs.

Le lecteur est supposé initié déjà aux principes fondamentaux des courants alternatifs; il lui est donc fait grâce, dans cet ouvrage, des éternelles définitions et démonstrations qui trouvent leur place, justifiée d'ailleurs, dans les ouvrages plus généraux d'Electricité appliquée.

Nous empruntons à la préface de l'auteur la division de l'ouvrage, qui en facilite la lecture. Les différents sujets traités sont groupés dans neuf chapitres.

Un premier chapitre renferme un bref historique de la question, ainsi qu'un exposé sommaire des principes fondamentaux des courants polyphasés, destiné au lecteur non encore initié à cette branche de l'industrie électrique.

Les trois chapitres suivants traitent successivement de la production, de la canalisation et de la transformation des courants polyphasés.

Le cinquième chapitre est consacré à la conversion des courants polyphasés en courant continu et réciproquement. Le développement considérable des applications du convertisseur, ainsi que la théorie particulière et les conditions spéciales de fonctionnement de cette machine, ont paru nécessiter une étude distincte de celle de la transformation des courants polyphasés en courants polyphasés de même ordre ou d'ordre différent, de même fréquence ou de fréquence différente.

Le sixième chapitre traite des moteurs à courant polyphasé; le septième chapitre a trait aux compteurs d'énergie pour courants polyphasés.

Le huitième chapitre est consacré à l'utilisation des courants polyphasés à la traction, application qui a acquis une grande importance.

Enfin, un dernier chapitre est réservé à la description d'un certain nombre d'installations.

Dans l'exposé de ces divers sujets, l'auteur s'est attaché non seulement à développer le côté théorique des questions, mais, par la description des principaux types, à donner aussi une foule d'indications pratiques fort utiles aux ingénieurs. On trouvera également, au cours de l'ouvrage, l'étude d'un certain nombre de questions intéressantes et actuelles, telles que la forme des forces électromotrices engendrées dans les différents types de dynamos; l'influence de la réaction d'induit, si importante dans les cas où les circuits d'utilisation renferment des moteurs; le démarrage des moteurs d'induction.

Quelques considérations sur les génératrices à double courant (polyphasés et continus), ainsi que l'étude de l'appareil nouveau appelé « changeur de fréquence », méritent tout particulièrement l'attention du lecteur.

La deuxième édition de l'ouvrage de M. Rodet est, on le voit, une mise au point fort bien réussie du sujet. Les progrès réalisés en ces dernières années l'avaient rendue nécessaire; nous ne doutons pas qu'elle ne soit accueillie favorablement par tous ceux qu'intéresse la question, si importante au point de vue industriel, des courants polyphasés. CH.-EUG. GUYE,

Professeur à l'Université de Genève.

3° Sciences naturelles

Curtel (G.), *Directeur de l'Institut œnologique et agronomique de Bourgogne.* — **La Vigne et le Vin chez les Romains.** — 1 *vol. in-8° de* 182 *pages* (*Prix : 5 fr.*) *C. Naud, éditeur. Paris,* 1903.

On sait que les Romains se sont adonnés à la culture de la vigne et qu'ils tenaient le vin en grande estime; mais on a, en général, des données assez peu exactes sur l'état de développement auquel ils avaient poussé la viticulture et la vinification. Cela tient à ce que l'étude des documents anciens traitant de ces questions a été faite par des littérateurs plutôt que par des techniciens. M. Curtel, qui est un œnologue distingué, a pu, en lisant attentivement les auteurs anciens, se rendre mieux compte que ses prédécesseurs des connaissances des Romains en viticulture et en vinification.

Pour ce qui est de la viticulture, M. Curtel considère comme absolument remarquable le degré de perfectionnement auquel les Romains l'avaient portée.

Il juge aussi d'une manière très favorable leurs connaissances en vinification, et, à ce point de vue, son opinion n'est pas celle que l'on admettait communément. Sur la foi des commentaires des auteurs anciens, on avait fait aux vins romains une réputation plutôt fâcheuse, et cela tiendrait, suivant M. Curtel, à ce que l'on a confondu les vins ordinaires, sur la préparation desquels les Anciens sont très brefs, comme s'il s'agissait d'une chose trop connue, avec les vins de dessert, les vins aromatisés, etc.. M. Curtel a pu se convaincre que les opérations de la vinification ne différaient pas essentiellement de celles qui sont en usage actuellement. Nos méthodes de clarification : collage, filtrage, étaient déjà connues des Romains, ainsi que le tartrage, le tannisage, le plâtrage et le salage des moûts. Mais, ce qu'il y a de plus intéressant, c'est qu'ils avaient recours au chauffage pour assurer la conservation de leurs vins. Cette opération remédiait aux défauts de leur vinification, qui consistaient dans l'insuffisance des soutirages et une mise en bouteilles beaucoup trop prématurée. X. ROCQUES,

Ex-chimiste principal du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

Houlbert (C.), *Professeur au Lycée de Rennes.* — **Les Insectes ennemis des livres. Leurs mœurs. Moyens de les détruire.** — 1 *vol. in-8° de* 269 *pages, avec* 59 *figures dans le texte et* 3 *planches. Alph. Picard et fils, éditeur,* 82, *rue Bonaparte. Paris,* 1903.

Cet ouvrage a été composé principalement dans le but de répondre aux conditions du prix Marie Pellechet, proposé par le Congrès international des Bibliothécaires, en 1900. C'est une monographie de tous les Insectes qui peuvent intéresser les bibliophiles, depuis les xylophages, qui se développent occasionnellement dans les bois des bibliothèques, jusqu'aux espèces directement nuisibles aux papiers et aux reliures des livres. Une soixantaine d'espèces sont indiquées et décrites succinctement, mais de façon très suffisante pour permettre de reconnaître les larves et les adultes; l'auteur a résumé ce que l'on connaît des mœurs et du régime de chaque espèce, en mentionnant les parasites et les ennemis naturels qui vivent à ses dépens; c'est la base indispensable pour établir des procédés rationnels de destruction. A signaler aussi un intéressant historique et une bibliographie complète du sujet.

L'ennemi des livres le plus dangereux et le plus répandu, celui qu'on rencontrera neuf fois sur dix, au moins dans nos régions tempérées, est la Vrillette du pain (*Anobium paniceum*), qui crible de petits trous le dos des in-folios (trous de sortie des adultes); les larves, à la recherche de substances amylacées, comme la pâte d'amidon et le papier collé, creusent parfois de longues galeries, droites ou sinueuses, traversant toute une série de volumes; elles se transforment en pupes tout près de la surface libre des livres, c'est-à-dire sous le dos.

Les autres Anobiides s'attaquent également au cuir des reliures, ainsi que les Dermestides, les Anthrènes et les Lépidoptères du groupe des Teignes. D'autres Insectes recherchent la colle et toutes les substances amylacées employées par les relieurs : ce sont les Lépismes, les Podurides, les Psocidés et sans doute quelques Acariens. Enfin les Ptines, puis les Blattes et les Termites, s'attaquent indifféremment aux papiers, aux feuillets du texte et au cuir des reliures.

Le bois des rayons peut héberger nombre d'Insectes lignicoles, entre autres des Anobiides (par exemple l'*Anobium striatum*, qui crible de milliers de trous les vieilles boiseries et les meubles anciens), l'Apate, le Lyctus, des Scolytides, etc.

Les moyens de protection varient naturellement suivant les espèces contre lesquelles on en fait usage : pièges à Lépismes, pièges à Blattes, emploi de la glu contre les Psoques et les Teignes, etc; quelques substances odorantes ou toxiques, telles que la benzine, la naphtaline, la poudre de pyrèthre, les essences de thym et de lavande, employées en badigeonnages sur les reliures ou en pulvérisations, ont un effet préventif en empêchant les femelles de déposer leurs œufs sur les livres ou les rayons. Le sulfure de carbone, utilisé en fumigations dans de grandes boîtes *ad hoc*, est l'insecticide de choix pour débarrasser les livres de leurs parasites, en particulier de l'*Anobium paniceum*; on peut aussi essayer le chauffage à 80°, mais seulement pour les livres brochés et les manuscrits.

Il est, du reste, assez facile, dans nos pays tempérés, de protéger efficacement les bibliothèques; mais il n'en est pas de même dans les régions chaudes et humides comme les Antilles, les Philippines, l'Amérique centrale, etc. Les Ravets (*Periplaneta americana*) ont

dévoré en Amérique des livres très précieux, de même que les Termites, aux ravages desquels Humboldt attribuait la rareté des livres anciens au Mexique, et les légendaires Traças (?) qui ont détruit nombre de récits des antiques Conquistadores; dans ces pays, le bibliothécaire négligent risque fort de voir ses livres s'en aller littéralement en poussière. Le danger est beaucoup moindre en Europe, mais il n'est pas négligeable.

M. Houlbert pense que certaines précautions prises dans la fabrication des papiers de livres, des cuirs et des basanes, de la colle forte, de la pâte d'amidon, des fils employés par les relieurs, constitueraient un excellent remède préventif contre les attaques des Insectes; mais il me paraît douteux que les industriels y consentent. Assurément il serait désirable de substituer le rayonnage métallique au rayonnage en bois, ou tout au moins d'employer des bois injectés ou à peu près inattaquables, comme le cèdre et le Redwood américain.

La monographie de M. Houlbert sera bien accueillie des bibliothécaires, qui y trouveront un manuel clair, conçu d'une façon très pratique, et suffisamment complet pour leur permettre de reconnaître les ennemis des livres et de les combattre efficacement.

L. Cuénot,
Professeur à l'Université de Nancy.

4° Sciences médicales

Traité de Pathologie générale, *publié par* **Ch. Bouchard,** *Membre de l'Institut, Professeur de Pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.* Secrétaire de la Rédaction : **G. H. Roger,** *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.* — 6 *vol. g. in-8° avec figures dans le texte.* (*Prix* : 126 *fr.*). *Masson et Cie, éditeurs. Paris,* 1895-1903.

Cet ouvrage, dont la publication a commencé en 1895, vient d'arriver à son complet achèvement. Six volumes, de plus d'un millier de pages chacun, ont successivement paru durant ces huit dernières années. C'est une œuvre considérable, qui fixe l'état de la science médicale tout entière au seuil de ce siècle. La science médicale a aujourd'hui un domaine infini. C'est la réunion et l'aboutissant d'une infinité d'autres sciences, les unes si développées qu'elles semblent presque arrivées à leur terme, comme l'Anatomie descriptive humaine, les autres à l'état d'ébauche, comme la Chimie cellulaire. La science médicale peut être considérée comme le point de concentration de toutes les sciences, de celles dont le monde inorganique est l'objet, de celles qui étudient les propriétés de la matière vivante, de celles dont les premières acquisitions remontent au plus lointain des âges, comme les sciences physiques, de celles dont les premiers balbutiements sont d'hier, comme la Psychologie expérimentale.

L'énormité de la tâche ne pouvait évidemment incomber à un seul homme. Cinquante et un collaborateurs, les uns savants illustres, les autres médecins éminents, tous d'une compétence notoire, ont été les artisans de ce monument, dont M. H. Roger a cimenté les matériaux et que M. Bouchard a signé de son grand nom. Il y a longtemps déjà qu'il avait eu la conception grandiose de cet ouvrage. Ce sont ses théories, ses travaux qui ont établi pour une part importante le corps de doctrine qui règne dans l'ensemble de l'œuvre.

Dans les nombreuses parties qui constituent ce Traité, on reconnaît l'inspiration du même esprit. Il est présenté, d'ailleurs, non comme l'expression des pensées d'une Ecole, mais comme l'état d'esprit scientifique d'une Epoque. Et à voir la multitude des faits qu'il concilie, les observations innombrables qu'il enregistre, les expériences si diverses qui les expliquent, on a le sentiment que c'est bien là la science médicale telle qu'elle est aujourd'hui universellement comprise.

L'ouvrage débute par une introduction à l'étude de la Pathologie générale, par M. Roger. Les définitions essentielles y sont données; les notions générales, les grandes divisions de la Pathologie, les méthodes que l'esprit humain emploie pour arriver à établir les lois biologiques et pathologiques, y sont exposées. Le rôle social du médecin y est présenté avec une largeur et une justesse de vues, aujourd'hui plus que jamais nécessaires. Les liens qui unissent la Pathologie humaine à la Pathologie animale sont de plus en plus évidents. Ces deux sciences sont souvent confondues, unies par des analogies nombreuses. En outre, elles se complètent mutuellement. Le nombre des maladies transmissibles des animaux à l'homme et réciproquement devient chaque jour plus grand. Une partie consacrée à la Pathologie comparée a été rédigée par MM. Roger et Cadiot. On peut aller plus loin encore et trouver dans les maladies du règne végétal des notions importantes dont bénéficie la Pathologie humaine. Ces considérations ont motivé l'introduction heureuse dans le Traité d'aperçus sur les maladies des végétaux, dus à M. P. Vuillemin.

L'Etiologie et la Pathogénie forment pour la plus grande part la substance du premier volume. C'est d'abord la pathogénie générale de l'embryon, par M. Mathias Duval. L'éminent professeur y a très clairement déterminé les frontières de la Tératologie, en distinguant la période embryonnaire (jusqu'au deuxième mois de la gestation) de la période fœtale. Dans cette dernière, les organes poursuivent leur développement, mais ils fonctionnent et peuvent subir des lésions comparables à celles qui affectent les organes de l'adulte. Dans la période embryonnaire, au contraire, il y a bien plus des organes en formation qu'en fonction. « La formation des parties est la fonction générale de l'embryon ». Les troubles de cette fonction de formation aboutissent aux malformations, aux monstruosités, dont M. Mathias Duval expose la classification et le mécanisme.

L'Hérédité a été traitée par M. Le Gendre. Il lui donne le rôle étiologique indiscutable qu'elle remplit dans tout le monde vivant. Il montre l'héridité morbide « défensive de l'espèce », assurant l'immunité dans certains cas, arrêtant la dégénérescence dans d'autres en stérilisant la race atteinte. L'importance de l'hérédité, au double point de vue social et individuel, y est mise en relief. Ces considérations sur les influences héréditaires mènent à l'étude de la prédisposition et de l'immunité, faite par M. Bourcy. La prédisposition est l'ensemble des causes qui peuvent favoriser l'éclosion des maladies chez les individus. Elles sont souvent multiples et plus ou moins connexes. M. Bourcy y a montré l'influence de l'âge, du sexe, de la race, de la constitution, des professions, des climats, des altérations morbides antérieures. L'immunité est l'inverse de la prédisposition. Ici, les raisons sont plus obscures. Les difficultés qu'on trouve pour arriver au déterminisme des états réfractaires justifient le nombre des théories proposées.

La fatigue et le surmenage ont été exposés par M. Marfan. Le surmenage physique et le surmenage mental sont développés comparativement. Leurs effets sont, d'ailleurs, analogues. Les accidents qui en résultent tiennent à la disproportion qui existe entre l'effort exigé de l'organe et sa résistance. La fatigue imposée en apparence à un seul organe retentit sur tous les autres. Après ces causes morales des maladies viennent les lésions déterminées par les agents mécaniques. M. Lejars les a classés en cinq catégories : choc, compression, distension, piqûre, section, dont il passe successivement en revue les différents effets. De même M. Le Noir a étudié les agents physiques : chaleur, froid, lumière, pression atmosphérique, son, et les agents chimiques caustiques. M. d'Arsonval a traité des actions de l'énergie électrique sur la matière vivante. Enfin, le premier volume finit par une étude très approfondie de M. Roger sur les intoxications diverses : poisons alimentaires, poisons putrides, venins

des serpents, des insectes, des mollusques, etc., poisons des cellules mêmes de l'organisme. Il examine le mode d'action de ces poisons, leur absorption, leur action élective ou non sur les divers organes de l'économie.

Une grande partie du deuxième volume est consacrée à l'infection. M. Charrin s'est chargé de la rédaction de ce très important chapitre. L'infection, c'est l'histoire de la doctrine microbienne. Le groupe immense des Bactéries est ici passé en revue. Pour les parties botanique et chimique, M. Guignard et M. Hugounenq ont apporté à M. Charrin l'appui de leur autorité en ces matières. La pathogénie de l'infection, les lésions qu'elle détermine, leur évolution, les associations microbiennes, sont étudiées tour à tour. Une place importante est réservée à la thérapeutique microbienne, vaccins, sérums, etc. M. Chantemesse a considéré le sol, l'eau et l'air au point de vue de la transmission des maladies infectieuses. A M. Laveran est échue l'épidémiologie sous ses formes multiples. Les microbes pathogènes, soit pour l'homme seul, soit pour l'homme et les animaux, surtout au point de vue de leur histoire naturelle, ont été décrits par M. G. Roux. M. A. Ruffer (de Londres) a écrit quelques pages sur la question, si pleine d'actualité et sans doute de promesses, du parasitisme des tumeurs épithéliales malignes. Enfin, le second volume contient un exposé très documenté des parasites animaux et végétaux, par M. R. Blanchard.

Le troisième volume est divisé en deux grandes parties (éditées séparément). La première comprend les notions générales sur la nutrition à l'état normal, exposées par M. Lambling (de Lille). C'est toute une partie de la chimie phyiologique des aliments que l'éminent chimiste a écrite pour servir d'introduction et de base à l'étude de la nutrition. Divers chapitres sont consacrés à la ration d'entretien, à l'inanition, à l'alimentation surabondante, à la question si importante des transformations chimiques des aliments dans l'organisme. M. Bouchard s'est réservé l'étude des troubles préalables de la nutrition. Il s'agit ici d'une analyse des actes nutritifs poussée aux extrêmes limites compatibles avec nos connaissances actuelles. Malgré la multiplicité des facteurs connus qui entrent en ligne de compte, il faut avouer que bien d'autres facteurs nous sont encore inconnus, qui interviendront plus tard et modifieront les calculs présents. Certes, M. Bouchard sait mieux que personne que les théories ne sont que les expressions variables de la science, mais il est fermement convaincu de l'importance qu'elles ont pour l'avancement de la science. A défaut de résultats pratiques immédiats, « il est bon », dit-il, « que les problèmes soient posés et il est d'une bonne discipline scientifique d'apprendre comment ils peuvent être résolus, même quand les moyens actuels d'arriver à la solution sont encore imparfaits ». Quoi qu'il en soit, c'est, en France, à M. Bouchard que revient sans conteste le grand mérite d'avoir introduit des méthodes scientifiques véritables dans des recherches jusque-là confuses et d'avoir tenté le déterminisme physio-pathologique de la nutrition. Et ici même, comme voulant montrer l'immensité de son horizon et les difficultés de sa tâche, il a fait suivre les troubles de la nutrition de l'étude des réactions nerveuses. Leurs manifestations, leur rôle dans la nutrition, leur influence sur la marche des intoxications et des infections, les effets du choc nerveux, ont été traités par MM. Bouchard et Roger. En outre, ce dernier auteur a rassemblé, sous le titre de « processus pathogéniques de deuxième ordre », les modalités de la répercussion de la maladie initiale, locale, sur l'organisme tout entier.

Dans la seconde partie du troisième volume, M. L. Guinon a fait une étude très complète sur la fièvre. Il examine tous les phénomènes observés pendant les périodes fébriles, puis les causes morbides productrices de fièvre (fièvres fonctionnelles, nutritives, toxiques, infectieuses). Suit une étude sur l'hypothermie de M. Jean-Félix Guyon.

M. Gley a traité des troubles vasculaires au point de vue physio-pathologique. Les circulations artérielle et veineuse, les centres et appareils nerveux vaso-moteurs, les conditions de la circulation de la lymphe, régularisée par le système nerveux, forment les principales divisions de cette partie. La physiologie de la circulation étant ainsi établie, M. Charrin en a étudié les désordres au cours des maladies. C'est l'exposé des congestions, anémies, œdèmes, hémorragies, de leur cause et de leur mécanisme, et des modifications que ces divers phénomènes entraînent. M. Mayor (de Genève), a donné une étude des deux processus de la thrombose et de l'embolie, complétant ainsi l'histoire pathologique de l'appareil circulatoire. MM. Letulle et M. Courmont se sont partagé la tâche considérable de décrire l'inflammation. M. Courmont s'est surtout placé au point de vue de l'étiologie, de la pathogénie et de la physiologie pathologique de l'inflammation, qu'il définit « un processus réactionnel de l'organisme contre une intoxication locale due à une substance soluble », quelles que soient l'origine et la nature de ce poison soluble. M. Letulle a eu pour objectif principal l'étude anatomo-pathologique des lésions inflammatoires. Amené par son sujet à faire des descriptions générales, il a adopté la classification des lésions inflammatoires en aiguës et chroniques, l'état subaigu servant d'intermédiaire. Chacune de ces catégories est subdivisée en lésions élémentaires ou parenchymateuses et lésions interstitielles. Les autres altérations anatomiques qui ne dérivent pas directement de l'inflammation ont été exposées par M. Le Noir, qui successivement a envisagé les foyers hémorragiques, les infarctus et les concrétions. A cet auteur on doit également un important chapitre sur l'involution sénile. C'est, enfin, un véritable traité des tumeurs en général, par M. Ménétrier, qui clôt le troisième volume.

Le quatrième tome comprend l'évolution des maladies par M. Ducamp (de Montpellier). Dans l'étude des grandes périodes morbides, des crises, des modes de terminaison des maladies, M. Ducamp a consacré des pages intéressantes aux métastases, ces curieux changements d'aspect que présentent parfois certains états. La séméiologie du sang est l'œuvre de M. Gilbert. Dans l'exposé séméiologique du cœur et des vaisseaux, MM. Raymond Tripier et Devic (de Lyon) ont fait une grande part aux divers modes d'exploration de ces organes. La séméiologie du nez, du larynx, a été écrite par MM. Lermoyez et Boulay. Du regretté M. Lebreton est la séméiologie des voies respiratoires. Une grosse partie a été réservée au tube digestif (estomac et intestin) : elle est due à M. Le Gendre.

C'est par l'étude du foie, par M. Chauffard, que débute le cinquième volume. La complexité particulière des problèmes que soulèvent la physiologie et la pathologie hépatiques donne un intérêt spécial à cette partie. M. Chauffard a envisagé la pathogénie des affections hépatiques sous le double point de vue anatomique et étiologique, puis il a exposé la signification et les modes de recherche des divers symptômes; enfin, il a considéré l'évolution générale des maladies du foie. Puis vient le pancréas, par M. Arnozan. A M. Chabrié, nous devons une étude complète des urines. Et M. Charrin a traité du rein, de ses fonctions, de sa séméiologie. Celle des organes génitaux a été rédigée par M. Pierre Delbet. Enfin, le système nerveux a été l'objet d'une étude très importante et très documentée de M. Déjerine.

Dans le sixième volume M. Féré a traité des divers troubles de l'intelligence, des perturbations somatiques qui les accompagnent, et des différentes formes de troubles psychiques. Ensuite vient la pathologie spéciale. C'est d'abord la signification pathologique des manifestations cutanées, exposée par M. Gaucher; puis la séméiologie de l'appareil visuel, par MM. Brun et Morax; de l'appareil auditif, par M. Benni. La partie de l'ouvrage consacrée au diagnostic et au pronostic comprend des considérations générales par M. Roger; le diagnostic des maladies infectieuses par les méthodes de laboratoire et la diazoréaction par MM. F. Widal et

Besançon; les formules hémoleucocytaires, le cyto-diagnostic, la ponction lombaire, l'épreuve du vésicatoire (M. Roger), la cryoscopie, les procédés d'élimination provoquée, par M. Widal et MM. Besançon, Gouget, Labbé, Lesné, Ravaut et Sicard. Enfin, M. Netter et MM. Gilbert et Boinet ont traité de l'hygiène et de la thérapeutique générales.

Il est évident que chacune des parties que nous venons de mentionner mériterait un compte-rendu analytique particulier. Nous ne pouvions ici que présenter l'ouvrage d'ensemble, donner le sommaire de ce qu'il contient. L'Esprit de progrès est exalté dans tout le cours de cet énorme ouvrage. Toutes ses parties si diverses vont d'un même essor; elles ont une allure vive et entraînante, une sorte de précipitation vers l'avenir; elles sont animées d'une foi si ardente dans le progrès qu'elles émeuvent parfois la sereine placidité des sciences.

Nul terme d'éloge ou de critique à l'adresse des divers auteurs n'est sorti de ma plume au cours de cette trop longue et trop sommaire analyse. Comment en effet un homme, dont la compétence ne saurait excéder la substance de quelques-unes parmi ces milliers de pages, pourrait-il faire acte de critique vis-à-vis d'une œuvre qu'il a fallu, pour parfaire, tant d'auteurs si choisis? L'analyste, devant un tel ouvrage, n'a qu'une attitude à prendre : celle du disciple émerveillé que tant de savoir et de science ait pu être offert à sa curiosité et à son désir d'apprendre. On ne fera probablement plus de sitôt un Traité de Pathologie générale de cette ampleur : l'ouvrage de M. Bouchard et de ses dévoués collaborateurs restera donc bien — comme il le désire et comme il le dit — le Livre d'une Epoque.

Dr A. Létienne.

5° Sciences diverses

Weulersse. — La Chine ancienne et nouvelle. — 1 *vol. in-12° de* 345 *pages* (*Prix* : 3 *fr.* 50). *Librairie A. Colin, éditeur, Paris*, 1903.

Cet intéressant volume doit être considéré comme un document direct, et des plus sincères, pour l'étude de la Question chinoise. L'auteur, titulaire de l'une des bourses de voyage autour du monde qu'un don anonyme met chaque année à la disposition des agrégés de l'Université, a vu par lui-même les grands ports de l'Empire du Milieu, et visité le Yang-tsé-Kiang, en faisant escale dans les entrepôts ouverts aux Européens. Son livre est le reflet d'impressions avivées par de nombreuses lectures, et aussi par un sens artistique des ensembles et des détails qui n'est pas pour déplaire aux géographes. Jusque dans les chapitres consacrés à l'exposé des points de vue généraux du problème chinois, le lecteur goûtera, de ce fait, des qualités rares d'exactitude et de couleur; il s'accoutumera vite à quelque recherche de la forme, peut-être involontaire.

Parmi les pages qui racontent et qui décrivent, j'ai préféré celles consacrées à Hong-Kong, à Canton, au Yang-tsé-Kiang et à Kiao-Tchaou. La vivante et somptueuse Victoria fait à la fois contraste avec la ville chinoise voisine et avec Macao, où certains traits de mœurs nous reportent presqu'à l'époque des grandes découvertes maritimes ; devant l'Europe nouvelle d'exploiteurs et d'aventuriers, la vraie Chine, celle du peuple, demeure fermée et hostile, comme autrefois en face des chefs de comptoirs. A Canton, la vie nationale se montre avec toute sa barbarie, sa superstition, ses horreurs, ses arts d'un autre âge, son universelle saleté ; on lira à deux fois, dans le livre de M. Weulersse, tel passage donnant comme la vue présente du grouillement des embarcations et des existences humaines sur les eaux jaunes du fleuve. Le parcours de l'énorme Yang-tsé-Kiang fait assister à l'essor souvent maladroit de la grande industrie de la Chine, métallurgie et utilisation des textiles, à la croissance rapide des entrepôts, parmi lesquels Ou-Tchang tient la première place : capitaux et directeurs anglais, allemands et japonais, beaucoup plus rarement français et américains, par exception chinois, coopèrent à édifier et à faire valoir les usines, à fonder quais et docks, à lancer les flottilles de vapeurs, à forcer en pleine sauvagerie le passage du chemin de fer trans-chinois vers Pékin. Les hésitations et les mécomptes de cette mise en valeur ne se retrouvent pas à Kiao-Tchaou : tout y est méthodique, massif et solide déjà, brutal comme l'œuvre d'expansion allemande; c'est la greffe violente d'un membre moderne sur le vieux corps.

Ces croquis, et d'autres encore, sont présentés dans leur vrai cadre, en ce sens que les impressions dominantes que donne en Chine la nature physique accompagnent sans cesse le lecteur, de même que cette curiosité presque répulsive qu'excitent les manifestations de l'âme routinière des Chinois : paysages de montagnes arrondies et dénudées en général, eaux abondantes, éternels damiers vert et jaune des rizières, temples et tombeaux partout répandus, conception de la vie qui montre l'inutilité presque complète des efforts, même des missionnaires catholiques, pour l'élévation du niveau moral et intellectuel.

Dans la dernière partie de l'ouvrage, M. Weulersse analyse les diverses conditions du problème chinois. Pour marquer l'état actuel et l'avenir du développement industriel, il établit, par des exemples vus, que, sauf rare exception, toute entreprise dans laquelle la direction n'est pas européenne échoue misérablement, en dépit des ressources groupées sur place; l'ouvrier chinois, d'une faculté d'assimilation et d'une dextérité rares, est trop indolent; le patron indigène manque à la fois d'honnêteté, d'intelligence et d'initiative. Il faudrait, pour que l'Empire tirât parti des leçons données par les entrepreneurs anglais, japonais ou allemands, pour que le péril économique jaune pût alarmer l'Europe, une modification profonde de l'âme chinoise; et l'on ne voit point d'où elle pourrait venir. L'enseignement officiel est demeuré condamné à la routine par l'échec des récentes réformes; bien peu d'écoles européennes ont réussi dans leur rôle de modernisation : l'enseignement qui s'y donne ne pénètre d'ailleurs pas les masses; les préoccupations d'ordre diplomatique ou confessionnel absorbent souvent le personnel. Peut-être suffirait-il que le mandarinat prît la tête du mouvement; mais il y est naturellement hostile, et, sauf deux ou trois vice-royautés, la Chine est encore le pays où l'on voit, par exemple, le matériel d'artillerie venu d'Europe être mutilé au gré de la routine par les ouvriers des arsenaux d'Etat.

Il semble donc que les capitaux et les ingénieurs étrangers auront longtemps beau jeu dans le pays, que de grands profits sont encore réservés à l'œuvre d'initiation, ou mieux d'exploitation du Céleste-Empire, en attendant un partage territorial possible. Cette œuvre a ses dangers, que l'auteur met en lumière en analysant les nombreuses causes matérielles et morales de la guerre des Boxeurs. Devant l'occidental, la Chine peut se refermer soudain, ou se soulever de nouveau; sa puissance militaire s'organise avec beaucoup de lenteur et de maladresse; elle fait cependant des progrès. L'auteur regrette que les Français n'occupent pas dans les entreprises la place que leur vaudraient les traités et notre vieille situation politique et religieuse en Extrême-Orient; il expose les raisons bien connues de notre infériorité commerciale, les desiderata de la colonisation française en Chine. Ne risquons-nous pas, avec tout le savoir-faire du monde, de demeurer en arrière de rivaux beaucoup mieux armés?

J. Machat,
Agrégé d'Histoire et de Géographie,
Professeur au Lycée de Bourges.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 *Octobre* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Em. Picard** communique ses recherches sur les périodes des intégrales doubles et leurs rapports avec la théorie des intégrales doubles de seconde espèce. — M. **Alf. Guldberg** établit que, quand une équation linéaire n'est pas irréductible, il existe toujours une équation linéaire d'ordre moindre dont elle admet toutes les intégrales. Si une équation linéaire a une intégrale commune avec une équation linéaire irréductible, elle admettra toutes les intégrales de cette dernière.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **Th. Vautier** décrit un nouveau réfractomètre à réflexions. Un faisceau parallèle, émis par une fente lumineuse, est dédoublé en deux parties, qui, par deux réflexions sur deux groupes de deux miroirs, sont amenées à interférer en donnant des franges nettes. Si, sur le trajet de l'un des deux faisceaux, on introduit un milieu réfringent, le système de franges se déplacera d'une quantité qui peut être mesurée. — M. **M. Berthelot** a constaté que le carbone possède une tension de vapeur appréciable à une température qui ne surpasse pas le rouge blanc et qui peut être estimée entre 1.200° et 1.500°. Cette tension est si faible qu'il faut plusieurs centaines d'heures pour produire quelques milligrammes de carbone condensé, même dans le vide presque absolu des lampes électriques. Ce carbone est du carbone amorphe. — M. **H. Moissan** a dosé l'argon dans l'air atmosphérique en absorbant l'oxygène et l'azote par le calcium métallique. Il a ainsi reconnu la grande constance de la teneur de l'air en argon aux diverses latitudes et altitudes (0,932 à 0,935); seul, un échantillon recueilli dans l'océan Atlantique renfermait 0,949 d'argon. — M. **Kuriloff** a observé que la composition du peroxyde de zinc ainsi que celle du peroxyde de cadmium répond à la formule $MO^2.M(OH)^2$; ce dernier type est le seul bien établi. Les oxydes de M. de Forcrand présentent des formes d'oxydation intermédiaires, dont la composition dépend des moyens de préparation. — MM. **A. Haller** et **A. Guyot** ont reconnu que les produits d'addition du tétraméthyldiamidophényloxanthranol avec le benzène, le toluène et la diméthylaniline ne sont pas des amidodiphénylanthrones, mais des dérivés du dihydrure de diphénylanthracène.

3° SCIENCES NATURELLES. — MM. **Vallée** et **Carré** signalent une expérience de Nocard, où une vache, hypervaccinée contre le nagana, fut infectée avec du surra; cette dernière maladie a évolué normalement, ce qui montre, une fois de plus, la non identité du surra et du nagana. — M. **L. Pénières** considère le rhumatisme comme une auto-intoxication, produite par la résorption d'un ferment analogue, sinon identique au ferment de la fibrine, résorption qui se fait au niveau de la muqueuse de l'uretère. — M. **N. Vaschide** a observé une diminution notable de la sensibilité olfactive chez les vieillards; la femme conserve sa supériorité olfactive malgré l'âge. Chez les vieillards anosmiques, les images visuelles suppléent à l'absence des images olfactives. — M. **R. Anthony** a constaté que, partout où il y a compression effective d'un muscle, il existe un tendon. La compression est un facteur morphogénétique agissant constamment. — M. **R. Dubois** a reconnu que les pintadines peuvent s'acclimater et se cultiver sur les côtes de France et même y acquérir des qualités nacrières supérieures; il a pu obtenir avec ces pintadines la production forcée des perles fines vraies. — M. **L. Cuénot** a étudié l'organe phagocytaire des Crustacés Décapodes : il est constitué par des nodules saillants situés à la surface des branches terminales des artères hépatiques. Il absorbe très rapidement l'encre de Chine injectée dans le cœlome de l'animal. — M. **W. Kilian** a recherché les phases de plissement par lesquelles ont passé les zones intra-alpines françaises. Il a reconnu : 1° une formation de plis imbriqués et couchés vers l'extérieur de la chaîne; 2° une nouvelle phase de striction, produisant le reploiement des plis couchés précédents et des nappes qui en dérivent; 3° des plissements en retour, ayant produit une série de plis secondaires.

Séance du 27 *Octobre* 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Alf. Guldberg** indique, pour les équations linéaires aux différences finies, un théorème analogue au théorème fondamental de M. Picard dans la théorie des équations différentielles linéaires. — M. **Rabut** étudie la résolution pratique des équations par la méthode de Newton; il montre qu'il est presque toujours plus expéditif de calculer du premier coup la troisième approximation, et souvent même la quatrième, au moyen de formules plus condensées faciles à établir. — M. **Edm. Maillet** communique ses recherches sur la courbe des débits d'une source. — MM. **Edm. Bordage** et **A. Garsault** ont observé l'éclipse partielle de Soleil du 20 septembre à la Réunion. Les photographies obtenues n'indiquent pas la présence de montagnes lunaires projetées en silhouette sur le disque solaire. — M. **G. Millochau** a observé la planète Mars à la grande lunette de l'Observatoire de Meudon. A ce grossissement, les canaux semblent formés de masses sombres discontinues, à bords déchiquetés, formant des sortes de chapelets; les lacs ont aussi des bords irréguliers et des prolongements en forme de rayons. — M. **Ringelmann** a déterminé expérimentalement la pression momentanée résultant du choc; elle s'exprime assez exactement par la formule $C=kPv$, où P est le poids du corps en kilogs, v la vitesse lors du choc, en mètres par seconde, et $k=13{,}55$.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **H. Becquerel** a étudié la phosphorescence scintillante que présentent certaines substances sous l'action des rayons du radium; elle est bien due aux rayons α; la phosphorescence excitée par les rayons β, lorsqu'elle est appréciable ou prépondérante, masque le phénomène produit par les rayons α. La scintillation même serait due à des clivages provoqués irrégulièrement sur l'écran cristallin. — MM. **E. Tassilly** et **A. Chamberland** présentent un capillarimètre simple, basé sur la méthode d'ascension dans les tubes. — M. **A.-B. Griffiths** a constaté que, si l'on expose le sélénium aux solutions alcooliques de quelques pigments de plantes et d'animaux, pendant quinze minutes à la distance de $0^m,5$, sa résistance électrique diminue. — M. **H. Pélabon** a observé que le sulfure de bismuth Bi S et le bismuth peuvent, quand ils sont fondus, se mélanger intimement pour donner des liquides homogènes dont les points de solidification sont compris entre 255° et 685°. — MM. **H. Baubigny** et **P. Rivals**, en faisant réagir l'acide borique pur sur les iodures en présence de bioxyde de manganèse, ont mis tout l'iode en liberté. Dans les mêmes conditions, les bromures et chlorures ne sont pas décomposés; cette méthode peut servir à la séparation de l'iode des iodures. — M. **Chesneau** a analysé des bronzes préhistoriques trouvés dans la Charente; trois d'entre eux, renfermant une proportion identique de phosphore et d'antimoine, doivent provenir du même cuivre, tandis

qu'un quatrième est d'origine différente. — **M. P. Lemoult** a calculé d'après sa méthode la chaleur de combustion de divers acides organiques, de leurs anhydrides et éthers-sels, et trouvé des valeurs très voisines des valeurs expérimentales. — **M. L. Maquenne**, en réduisant par l'amalgame de Na l'isoglucosamine, a obtenu la *d-mannamine* et la *d*-glucamine isomères. — **M. Albert Colson**, en faisant réagir le chlore sur l'acétate de baryum, a obtenu un acétochlorure $BaCl.C^2H^3O^2 + C^2H^4O^2$. — **M. Ch. Lauth**, en copulant le diazoïque de l'α-amidoanthraquinone avec les agents ordinaires, a obtenu des colorants riches et très solides, teignant la laine en présence d'acide sulfurique et de sulfate de soude. — **M. L. Lindet** a analysé quelques pains anciens : de Pompéi, des stations lacustres, des tombes égyptiennes. Les deux premiers sont des charbons poreux, ne renfermant plus trace des éléments du pain; les pains égyptiens, au contraire, sont parfaitement conservés.

3° Sciences naturelles. — **M. N. Samaja** a reconnu que la zone corticale motrice est le centre exclusif des convulsions cloniques chez le chien et le chat adultes. Le reste de l'axe cérébro-spinal ne peut donner, chez eux, que des convulsions toniques. — **MM. J. Bercut** et **A. Donat** présentent un nouveau perforateur à ressort, dentaire et chirurgical. — **M. J. Cluzet** détermine, au moyen de la loi d'excitation de M. Weiss, les éléments de la décharge d'un condensateur qui produit le seuil de l'excitation. — **M. V. Henri** a étudié les contractions des muscles lisses et des réflexes chez le *Stichopus regalis*. — **M. Deprat** a distingué, dans l'île d'Eubée, quatre séries de plissements : antécarbonifères, antétriasiques (hercyniens), éocènes (antéoligocènes) et post-sarmatiques, bien marqués par des discordances.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 20 Octobre 1903.

M. **François-Franck** présente le Rapport sur le concours du Prix de l'Académie. — **MM. Antonin Poncet** et **R. Leriche** montrent qu'on a englobé à tort dans la classe des nains achondroplases une catégorie importante de nains, qui mérite d'en être distraite parce qu'ils n'appartiennent en rien à la pathologie et parce qu'ils ne sont que des hommes très petits, reliquats d'une race ancienne qui s'est continuée dans certaines contrées pour disparaître complètement dans d'autres, où elle a autrefois existé. Il s'agit là d'un nanisme essentiel, offrant cette particularité capitale d'être un attribut ethnique, par cela même héréditaire. — **M. R. Blanchard** présente trois nègres du Congo atteints de la maladie du sommeil. Elle est due à un Trypanosome transmis par une mouche, la *Glossina palpales*.

Séance du 27 Octobre 1903.

M. le Président annonce le décès de M. **Prosper Lemaistre**, correspondant national.

M. E. Vallin présente le Rapport de la Commission chargée d'examiner la question de l'alimentation des garnisons en eau potable. Il se termine par les conclusions suivantes : 1° La première et la meilleure mesure prophylactique contre l'invasion des maladies dont le germe peut être véhiculé par l'eau est assurément de doter toutes les garnisons d'une eau de source pure et de bonne qualité, bien captée, bien protégée et bien surveillée, de façon à éviter toute chance de contamination passagère; 2° Quand ces conditions sont remplies, il devient inutile d'avoir recours à un moyen quelconque de stérilisation de l'eau, si ce n'est d'une façon temporaire en cas d'accident; 3° Sans renoncer aux filtres, qui rendent de grands services quand ils sont bien entretenus et bien surveillés, il y a lieu de multiplier à titre d'essai l'emploi des stérilisateurs par la chaleur, en prenant les plus grands soins pour restituer et conserver toute sa fraîcheur à l'eau stérilisée, non moins qu'à l'eau filtrée, pendant la saison chaude. — **M. Ch. Monod** présente un Rapport sur un Mémoire du Dr **Monnier** relatif à une opération de gastrostomie pour extraction de 25 corps étrangers, dont huit cuillères à café et une fourchette. La radiographie n'avait pas révélé l'existence de ces corps. Le malade guérit rapidement. — M. **L.-G. Richelot** a reconnu que le moignon cervical qu'on laisse après l'hystérectomie sub-totale pour fibrome peut devenir le siège d'une dégénérescence maligne, épithéliome ou sarcome. Pour cette raison, il préfère, lorsqu'il n'y a pas de contre-indication absolue, l'hystérectomie totale. — **M. G. Hayem** a observé un nouveau genre de lésion de l'estomac, qu'il appelle ulcère externe; c'est une perte de substance qui porte sur les membranes externes pour ne laisser subsister que la muqueuse. — M. le Dr **Reboul** lit une observation de fibromyome de la portion abdominale du ligament rond.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Octobre 1903.

MM. **R. Dubois** et **A. D. Waller** concluent, d'expériences faites en commun, qu'il y a lieu de reprendre *ab ovo* la question des effets électro-moteurs des zymases; l'action zymasique devrait être électrogène, mais cette prévision n'a pas encore reçu la sanction expérimentale voulue. — **M. G. Delamare** a étudié la structure de l'intestin grêle du nouveau-né; tandis que les vaisseaux sont considérables, le volume des muscles intestinaux est relativement moins important chez le nouveau-né que chez l'adulte. — Le même auteur a constaté que la sénescence de la glande surrénale est caractérisée par deux processus antagonistes différents : l'angiosclérose atrophique vulgaire et l'hypergenèse cellulaire adénomateuse. — **M. L. Azoulay** emploie, comme moyen d'identification des indigènes étrangers soumis à des recherches, l'énumération des premiers nombres dans la langue maternelle parlée par l'individu. — **M. P. Mulon** a observé la réaction de Vulpian au niveau des corps surrénaux des Plagiostomes; ceux-ci contiennent donc de l'adrénaline. — **M. A. Laveran** a étudié les Culicides des régions dans lesquelles l'endémie palustre, grave autrefois, s'est atténuée ou qui sont devenues tout-à-fait salubres. Tous ces Culicides étaient des *C. pipiens*. — **M. Ch. Dhéré** a cherché à déterminer, par le dosage de l'extrait éthéré, l'extension de la myéline dans le névraxe chez des chiens de différentes tailles; elle est plus grande chez les chiens de forte taille. — Le même auteur a déterminé le cuivre du sang chez quelques Invertébrés (poulpe, crabe, tourteau, etc.); l'hémocyanine résiste à la putréfaction en vase clos. — Enfin, **M. Dhéré** a constaté que 100 centimètres cubes de sang de Planorbe corné renferment environ 1 gr. 5 d'hémoglobine. — **MM. Edm.** et **Et. Sergent** ont observé en Algérie, chez un homme qui se plaignait de sueurs nocturnes avec insomnie, la présence dans le sang d'un parasite ectoglobulaire qui paraît être un nouveau Protozoaire. — **M. J. Perin** a reconnu que l'estomac déverse, au cours de chaque digestion, une certaine quantité de chlore combiné organique dans l'intestin grêle; de là, il traverse la muqueuse et arrive au foie par la veine porte; le foie l'arrête, car on n'en trouve jamais au-delà. — **M. F. Cathelin** a constaté que le liquide céphalo-rachidien a une circulation propre, qu'il faut rapprocher de la circulation lymphatique. — **M. L. Monfet** a reconnu que l'urine normale ne renferme pas de soufre neutre; le soufre neutre n'est autre que celui de l'acide sulfurique conjugué au groupe phénol, stable en présence d'acide chlorhydrique. — **M. F.-X. Gouraud** signale un cas d'infection puerpérale avec gangrène pulmonaire par microbes strictement anaérobies. — **M. A.-M. Bloch** présente un appareil dit *sthénomètre*, destiné à mesurer la force

des muscles. — **M. F.-J. Bosc** a constaté que l'agent virulent de la clavelée est un parasite de la classe des Protozoaires, dont il a observé le mode de multiplication schizogonique. Le parasite de la vaccine est un protozoaire de même ordre que celui de la clavelée, se reproduisant par division directe et suivant un stade à mérozoïtes bien caractérisé. — **M. Ch. Garnier** signale une cause d'erreur possible dans l'évaluation du pouvoir lipasique dans les cas d'ictère : c'est l'action propre des composés biliaires sur la monobutyrine. — **M. A. Dugès** signale le cas d'une personne reconnaissant les couleurs par le toucher. — **M. Bartlett** a observé, chez des lapins respirant de l'air raréfié par une canule trachéale, une diminution de la pression du sang dans l'aorte. La fréquence des respirations augmente avec la raréfaction de l'air.

Séance du 24 Octobre 1903.

M. Thiroux a découvert le *Piroplasma equi* dans le sang de chevaux de Madagascar atteints d'une maladie considérée jusqu'à présent comme une sorte d'ostéomalacie. — **MM. Ch. Achard** et **L. Gaillard** ont observé une rétention locale des chlorures à la suite des injections de diverses substances. — **M. S. Posternak** a isolé de différents produits végétaux un nouveau principe phospho-organique, la *phytine*, $C^2H^8P^2O^9$, qui est décomposée quantitativement par les acides minéraux à chaud en inosite et acide phosphorique. — **M. J. Jolly** signale un cas curieux de floraison d'automne de pommiers, poiriers, pruniers, déterminée par l'incendie de plusieurs maisons voisines du verger. On se trouve en présence d'une sorte de forçage accidentel. — **M. V. Henri** a constaté qu'il n'y a pas, dans les muscles longitudinaux du *Stichopus regalis*, d'onde de contraction se propageant le long du muscle. L'étude des réflexes élémentaires et de l'action des poisons sur ces derniers montre que l'anneau nerveux des Holothuries joue le rôle de centre nerveux supérieur, auquel sont subordonnées les séries de centres disposés le long des nerfs radiaires. — **MM. E. Hédon** et **C. Fleig** ont reconnu que l'abaissement de température à 0° peut maintenir certains organes contractiles séparés du corps en état de vie latente pendant un temps très long. — **M. C. Fleig** a observé que l'action stimulante des savons alcalins sur la sécrétion pancréatique n'est pas de nature réflexe, mais humorale. Il nomme *sapocrinine* la substance à effet sécrétoire qui se forme au contact des savons et de la muqueuse intestinale; l'action de celle-ci paraît calquée sur celle de la sécrétine. — **M. F. J. Bosc** a observé le parasite de la variole sous deux grands types évolutifs dans les pustules : l'un à évolution schizogonique, identique à celui de la vaccine et de la clavelée; l'autre sporogonique (forme de résistance), qu'il n'a pu découvrir dans la vaccine. — **M. A. Mouneyrat** a repris les recherches de M. Nicloux sur la présence de glycérine libre dans le sang normal et montre qu'il y a dans celles-ci plusieurs causes d'erreur qui peuvent faire douter de l'exactitude des résultats obtenus. — **M. L. Monfet** a reconnu que l'indican urinaire est un glycoconjugué; il apparaît dans l'urine lorsque la sulfoconjugaison est insuffisante; sa formation traduit un acte de défense de l'organisme à l'égard de l'indol. — **M. L. Marchand** a observé une ampliation des ventricules latéraux du cerveau dans les maladies mentales : paralysie générale, démence sénile, démence vésanique, alcoolisme chronique, etc. — **M. H. Vincent** a étudié les résultats de l'inoculation intracranienne du bacille d'Eberth et de sa toxine; c'est la toxine qui agit surtout, en produisant de la stupeur, une agitation extrême, des soubresauts musculaires, du délire, des troubles psychiques. Les résultats sont les mêmes chez les animaux préalablement immunisés; mais l'addition de sérum antitoxique à la toxine neutralise les effets de cette dernière. — **MM. G. Leven** et **G. Barret** ont déterminé avec une grande précision les limites de l'estomac par l'examen radioscopique.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° Sciences physiques.

Ch. Chree : Analyse des résultats du magnétographe de Kew pendant les jours tranquilles de 1890 à 1900. — L'auteur conclut de ses recherches que ni la fréquence des taches solaires en un jour particulier, ni même les résultats moyens pour un mois, n'indiquent rien sur le caractère magnétique tranquille ou troublé de ce jour ou de ce mois. Il est possible que l'augmentation de l'activité des taches et l'augmentation de l'activité magnétique sur la Terre soient dues à une cause commune extérieure au Soleil, dont l'effet au même instant varie d'une façon appréciable dans le système solaire. Si cette cause gît dans le Soleil même, ou bien les taches solaires n'en donnent pas une mesure satisfaisante, ou bien son action sur la Terre est influencée par ce qui s'est passé sur le Soleil pendant un temps antérieur assez considérable.

J. Lewkowitsch et **J. J. R. Macleod : L'hydrolyse des graisses in vitro au moyen de la stéapsine.** — Les solutions de stéapsine ont été préparées avec du pancréas de bœuf frais et émulsionnées avec de l'huile de graines de coton ou avec du lard. L'hydrolyse a atteint 86,7 °/₀ pour la première au bout de cinquante-six jours; l'addition d'un peu d'acide ou d'alcali dilué n'a pas d'influence sur cette limite. L'hydrolyse du lard est beaucoup moins prononcée; elle s'élève à peine au tiers de la première.

2° Sciences naturelles.

F. W. Gamble et **F. Keerle : La bionomique du Convoluta Roscoffensis.** — La formation d'amidon dans les cellules vertes du *Convoluta Roscoffensis* est due à l'action de la lumière; les rayons les plus actifs sont situés entre les raies A et B de Fraunhofer. La présence des cellules vertes doit être due à un cas spécial et particulier de phagocytose. Le *Convoluta* est géotropique, athermotropique et phototropique. Les stations qu'il occupe sont remarquablement constantes et déterminées par le mouvement de la marée et l'effet de de la lumière.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 9 Juillet 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. H. Ducke** a déterminé la hauteur des météores observés simultanément à Vienne et à Brunn du 8 au 13 août 1877; le plus élevé était à 148,6 kilomètres de la Terre, le plus bas à 32,5 kilomètres.

2° Sciences physiques. — **M. P. B. Zolss** communique ses recherches sur la dispersion de l'électricité atmosphérique à Kremsmunster. Les coefficients de dispersion augmentent avec la vitesse du vent. La dispersion est d'autant plus forte que l'air est plus pur et plus transparent. La valeur moyenne annuelle de la dispersion est de 1,32 (valeurs extrêmes 5,83 et 0,14); elle présente un maximum en juin et un minimum en janvier. — **M. E. Lecher** montre que le soi-disant courant circulaire sans électrode de Thomson n'est pas propre à la mesure de la conductibilité des gaz raréfiés. Par une méthode de substitution, qui consiste à remplacer les gaz raréfiés par des électrolytes, on trouve que l'air raréfié à des pressions de 0,4 à 0,03 millimètre conduit mieux les f. e. m. élevées que les meilleurs électrolytes. — **M. G. Jager** : Sur le strobostéréoscope. — **M. J. Billitzer** : Essais sur les électrodes en forme de gouttes et nouvelle méthode pour la détermination des potentiels absolus. — Le même auteur a étudié les courants qui se forment quand une surface de mercure s'élargit ou se rétrécit. Ils changent de signe quand le mercure atteint la tension superficielle maximum et aussi pour une valeur de — 0,4 volt. — **M. E. von Schweidler** a étudié les variations de la sen-

sibilité photo-électrique des métaux. La fatigue est causée principalement par la lumière ultraviolette et la lumière visible de courte longueur d'onde; elle est à peu près la même pour une charge positive et négative. Le rétablissement de la sensibilité ne se produit pas seulement à l'obscurité, mais aussi à la lumière et se superpose à la fatigue, si bien que, dans certaines circonstances, il peut y avoir augmentation de la sensibilité par éclairage prolongé. Ces phénomènes peuvent s'expliquer par la formation de doubles couches. — **M. F. Emich** montre que, si la règle de Bunsen est vraie, quand un même gaz s'écoule d'un orifice fin à des températures différentes, les temps d'écoulement sont proportionnels aux racines carrées des températures absolues; autrement dit $z^2/T =$ constante. Les expériences font voir que le quotient n'est pas rigoureusement constant, mais les variations sont faibles et très régulières. — **M. P. Ehrenfest** a calculé la correction de volume de l'équation d'état de van der Waals en partant de la loi de Maxwell au lieu de celle de Boltzmann, et il a constaté un rapport étroit entre les deux méthodes. — **MM. R. Wegscheider** et **A. Glogau** ont étudié l'éthérification des acides phtalonique et homophtalique. L'éthérification du premier par diverses méthodes ainsi que la semi-saponification de son éther neutre donnent un seul éther méthylique acide, F. 79°-81°; l'éther neutre fond à 66°-68°. L'action de l'alcool méthylique sur l'acide homophtalique ou son anhydride donne l'éther *b*-méthylique acide, F. 96°-98°; l'action de CH^3I sur le sel acide de potassium, du diazométhane sur l'acide et la semi-saponification de l'éther neutre fournissent l'éther *a*-méthylique, F. 143°-145°; l'éther neutre fond à 39°-42°. — **MM. R. Wegscheider, K. von Dubrav** et **P. von Rusnov** ont constaté que les acides *o*-aldéhydiques donnent plus facilement des éthers isomères qu'on ne le supposait. Ainsi, l'acide nitroopianique fournit, outre l'éther ψ-méthylique fondant à 182°, un éther isomère fondant à 76°-78°. — **MM. R. Wegscheider** et **K. von Dubrav**, par nitration de l'acide phtalaldéhydique, ont obtenu les acides 5- et 3-nitro-2-aldéhydobenzoïques, fondant respectivement à 159°-161° et 156°-157°, et dont les éthers méthyliques vrais fondent à 85°-86° et 145°-146°. — **MM. G. Goldschmiedt** et **O. Honigschmid** ont reconnu que la méthylbétaïne de l'acide papavérique de Schranzhofer, dont ils avaient d'abord contesté la constitution, répond bien à la formule admise. — Les mêmes auteurs ont étudié les méthodes de détermination quantitative du méthoxyle de Zeisel (élimination du CH^3 par HI bouillant) et du groupe méthyle attaché à l'azote (chauffage du iodure sec de l'amine méthylée). Certaines substances dérivées de la pyridine ne se prêtent pas à ces méthodes; en effet, celles qui possèdent un carboxyle substitué en α (ou d'autres carboxyles) perdent déjà le CH^3 attaché à l'Az par simple ébullition avec HI. — **MM. G. Goldschmiedt** et **K. Spitzauer** ont étudié les produits de condensation de la dibenzylcétone et du benzaldéhyde, considérés d'abord comme des dérivés de la pentanone et de la butanone; il a été impossible de condenser le premier en dérivé cyclique. — **M. H. Meyer** : Sur l'acidimétrie des oxyaldéhydes; sur l'éthérification au moyen de l'acide sulfurique. — **MM. R. von Hasslinger** et **J. Wolf** ont reconnu que la production des diamants dans les silicates fondus n'est pas due à un phénomène simple de solution et de cristallisation, mais à la production intermédiaire de carbures. — **MM. Zd. H. Skraup** et **W. Egerer** ont constaté que la β-*i*-pseudocinchonicine, qui se forme par fusion du bisulfate de β-*i*-cinchonine, se produit aussi en chauffant la cinchonicine avec de l'acide sulfurique dilué. — — **M. R. Zwerger**, en faisant réagir le chloral-ammoniac sur l'éther disodomalonique, a obtenu un acide azoté $C^{11}H^{13}O^6Az$, qui paraît être l'éther éthylique de l'acide $\alpha\alpha'$-dioxydihydropyridine-$\Delta^{2:5}$-γ-dicarbonique. — **M. M. Kohn**, en faisant agir l'hypobromite de potassium sur l'alcool de la diacétone, a obtenu l'acide β-oxyisovalérique; KOBr réagit sur l'oxyde de mésityle en donnant l'acide diméthyl-acrylique, F. 68°-70°. — **MM. A. Hochstetter** et **M. Kohn**, en faisant réagir la méthyl- ou la diméthylamine sur l'oxyde de mésityle, ont obtenu la méthyl- ou la diméthyldiacétonamine; ces bases se dédoublent facilement en leurs constituants; elles donnent des oximes qui distillent sans décomposition dans le vide. — **MM. J. Herzig** et **F. Wenzel** ont éthérifié par le diazométhane les acides β-résorcylique, orsellique et orcine-carbonique et trouvé les mêmes règles que pour les acides phloroglucine-carboniques. Avec l'aldéhyde phloroglucique, on n'obtient que l'éther diméthylique, qui, par l'action de KOH et CH^3I, fournit l'éther triméthylique; ce dernier s'obtient plus rationnellement par l'introduction du groupe aldéhyde dans l'éther triméthylique de la phloroglucine. — **M. J. Haager** a étudié l'action de l'acide nitreux sur la monophénylurée; en présence d'un excès d'HCl, il se produit de l'isocyanate de phényle; avec moins d'HCl, on a la nitrosomonophénylurée; cette dernière est décomposée par HCl en chlorure de diazobenzène et acide carbonique.

Sciences naturelles. — **M. V. von Ebner** présente ses recherches sur le durcissement de l'émail des dents. Les prismes d'émail d'un enfant nouveau-né ont un coefficient de réfraction de 1,5889; ils se laissent imbiber, sans perdre leur structure, par certains liquides, qui changent le signe de leur double réfraction. Le durcissement coïncide avec l'établissement d'une double réfraction négative des prismes, définitive et non modifiable par les liquides; le coefficient de réfraction est alors de 1,6277. — **M. L. Kulczynski** a déterminé les Arachnoïdées récoltées en Asie-Mineure et à Constantinople par le Dr F. Werner. — **M. K. Wolf**: Contribution à l'étude du genre *Braunina* Heider. — **M. C. Doelter** conclut de ses recherches que les magmas volcaniques ne peuvent s'élever que par des phénomènes tectoniques, par des décharges de pression. Une partie du magma ne parvient pas jusqu'à la surface, mais forme des foyers secondaires superficiels qui, dans certaines circonstances, peuvent agir par explosion.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 26 Septembre 1903

1° Sciences mathématiques. — **M. H.-G. van de Sande Bakhuyzen** : Notice nécrologique sur P.-M. Brutel de la Rivière (1827-1903). — **M. J. de Vries** : *Les courbes harmoniques d'une cubique plane donnée*. La courbe harmonique d'un point P par rapport à une cubique plane donnée k^3 est le lieu des points H séparés harmoniquement de P par deux des trois points d'intersection de la droite PH avec k^3. Si $a^3_x = b^3_x = 0$ représente k^3 en coordonnées triangulaires, l'équation de la courbe harmonique du point P (y_1, y_2, y_3) est $a^3_x b^3 - a^2_x a_y b^2_x b_y = 0$. Propriétés principales de ces courbes harmoniques. — **M. E.-F. van de Sande Bakhuyzen** : *Recherches sur les erreurs des tables lunaires de Hansen-Newcomb dans les années 1895-1902*. Seconde partie (voir *Rev. génér. des Sc.*, t. XIV, p. 923). — M. J. Cardinaal présente au nom de **M. J. van der Griend Jr.** : *Courbes rectifiantes*. Question de Cinématique, où une tangente roule sur une courbe fixe. Dans cet ordre d'idées, la rectifiante d'une courbe donnée par l'équation intrinsèque $f(s,\rho) = 0$, où s et ρ représentent l'arc et le rayon de courbure, est $f(x,y) = 0$. Ainsi l'auteur trouve par la synthèse que la rectifiante d'une droite est une spirale logarithmique, que celle d'une conique peut être une épicycloïde ou une hypocycloïde, etc. — **M. V. Williot** : Lettre sur quelques erreurs qui se sont glissées dans la « Théorie, propriétés, formules de transformation et méthodes d'évaluation des intégrales définies » de Bierens de Haan. Un rapport de **M. J.-C. Kluyver** complète cette indication.

(*A suivre.*)

Le Directeur-Gerant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE | N° 22 | 30 NOVEMBRE 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Distances des étoiles. — M. Elkin, directeur de l'Observatoire de Yale University (Etats-Unis), a mesuré les parallaxes des 10 étoiles de première grandeur de l'hémisphère boréal : les parallaxes résultent des mesures de distances de petites étoiles situées de part et d'autre des étoiles considérées. Voici les résultats indiqués :

NOM DE L'ÉTOILE	GRANDEUR	PARALLAXE
Arcturus	0,0	0"026
Capella	0,2	0,079
Véga	0,4	0,082
Procyon	0,6	0,334
Bételgeuse	0,8	0,024
Aldebaran	1,0	0,109
Altaïr	1,0	0,232
Pollux	1,2	0,056
Régulus	1,4	0,024
Deneb	1,5	0,000

L'étoile la plus proche serait donc Procyon, à 626.000 rayons de notre orbite, soit 93 trillions de kilomètres.

§ 2. — Météorologie

Périodicité de la pluie. — Le fait que, sur certains points de la surface terrestre, la quantité de pluie tombée a diminué depuis une dizaine d'années a conduit de nouveau à se demander si cet élément météorologique n'est pas soumis à une loi de périodicité. La question vient d'être reprise avec un soin spécial par W. J. S. Lockyer (*Nature*, n° 1749), à cause du double intérêt qu'elle présente et pour la Météorologie générale et pour l'Agriculture.

Edouard Brückner fut le premier à signaler que les périodes de pluie et de sécheresse se présentent à des intervalles d'environ 35 ans ; prenant d'abord la pluie, il découvrit que, pendant le dernier siècle, les époques moyennes d'années humides furent 1815, 1846-1850, 1876-1880; celles de la sécheresse, 1831-1835 et 1861-1865. Depuis lors, d'autres observations ont été faites, s'étendant sur de longues périodes de temps : ainsi, le Professeur Julius Hann, ancien directeur de l'Institut météorologique de Vienne, a étudié attentivement ce sujet d'après les relevés de Milan, Padoue et Klagenfurt, et il a reconnu un retour très marqué des périodes humides et sèches tous les 35 ans, les premières ayant pour moyennes 1808, 1843, 1878 et les secondes 1823, 1859 et 1893.

Mais ce n'est pas tout : il faut trouver les causes de pareilles variations, car il est hors de doute que ces causes ne doivent pas réagir sur la seule précipitation de la vapeur d'eau atmosphérique, mais bien sur toute la situation climatérique. Brückner a essayé d'expliquer ces longues périodes en attribuant leur origine à des modifications dans l'action solaire, et il examina à cet effet la variation des taches du Soleil, croyant y trouver les indices d'une périodicité de trente-cinq ans : ses recherches ne furent pas entièrement couronnées de succès, et, cependant, il était dans la bonne voie. L'observation plus précise du Soleil permet aujourd'hui de suivre les variations de son activité non pas seulement pour les taches, mais encore pour les protubérances, la couronne etc ; d'autre part, on sait la relation entre l'apparition d'une tache et celle de cirrus, de même que le rôle de ces nuages élevés dans les changements de temps.

En résumé, la périodicité des phénomènes, d'abord admise trop facilement, puis niée sans preuves par réaction, est de nouveau un sujet météorologique important à l'ordre du jour; au cours des dernières années, un rapport, beaucoup plus marqué qu'on ne l'avait jamais soupçonné, a été constaté entre les phénomènes solairés et météorologiques, et il suit de cette constatation qu'une étude attentive du sujet est de plus en plus à recommander, la connaissance exacte des périodes futures d'humidité et de sécheresse étant, à divers points de vue, de la plus haute importance.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Diffusion et compression des limailles métalliques. — On se rappelle les belles expériences de M. Spring, expériences où la combinaison de deux plaques polies de métaux capables de s'allier était obtenue, paraît-il, par diffusion et formation d'un

alliage. Dans un Mémoire récemment présenté à l'*Association des Ingénieurs allemands*, le Professeur Hof fait remarquer que les phénomènes de diffusion dans le cas des corps solides jouent, selon toute probabilité, un rôle bien plus grand qu'on ne leur attribuait jusqu'ici, la formation des minéraux dits de contact ainsi que le durcissement graduel de la maçonnerie étant probablement dus à des phénomènes du même ordre. Les résultats d'expériences faites sur un grand nombre de limailles métalliques, soumises à des pressions allant jusqu'à 50.000 kilogs, sont assez différents suivant la matière employée. En comprimant des limailles de cuivre, de fer, d'acier ou de bronze, l'auteur a obtenu des morceaux d'une connexion toute superficielle, susceptible d'être facilement détruite. Dans le cas des métaux ou alliages métalliques plus ductiles, tels que le plomb ou le métal à palier blanc, exposés à des pressions élevées, M. Hof a constaté des phénomènes bien différents : une pression de 50.000 kilogs a réduit les limailles en une pièce parfaitement homogène, plus dense que les fontes. De ces expériences et des faits précités, il ressort qu'avec des pressions croissantes la connexion, qui est d'abord une adhésion, va en augmentant jusqu'à se transformer en cohésion, qui, de cette manière, ne serait autre qu'une adhésion exaltée. L'auteur pense que le métal à palier blanc comprimé présente beaucoup d'avantages par rapport aux fontes, remplissant plus intimement les matrices, abstraction faite de la facilité avec laquelle on le recouvre de nickel, de cuivre, etc. Des expériences ultérieures font voir que les limailles de fer mêmes, exposées à une température élevée, se soudent facilement les unes aux autres; ceci est encore vrai des limailles de cuivre portées à la chaleur rouge, contrairement à l'opinion de beaucoup d'expérimentateurs.

§ 4. — Physique

Sur l'auto-électrisation du radium. — Les mesures quantitatives sur les rayons du radium n'ont jusqu'ici eu pour objet que l'étude des déviations électrostatique et magnétique, en vue d'évaluer la vitesse des particules émises et le rapport des charges d'une particule à la masse de cette dernière. Or, comme les particules positives découvertes par M. Rutherford sont absorbées d'une façon bien plus notable que les particules négatives, une enceinte perméable à ces dernières doit se charger positivement, grâce aux particules positives qu'elle retient, la valeur de cette charge étant la mesure du rayonnement émis. En vue de fonder sur ce fait une méthode de mesure quantitative des rayonnements du radium, M. W. Wien[1] a entrepris des recherches sur l'auto-électrisation du radium. Afin d'obtenir une isolation suffisante du radium soumis aux expériences, l'auteur a introduit 4 milligrammes de bromure de radium dans un petit creuset en platine suspendu par un fil de verre bien isolant. Le bromure de radium pouvait émettre sa radiation vers le côté ouvert du creuset, dont les parois, au contraire, devaient retenir le rayonnement. En raison de la forte absorption du platine, il fallait s'attendre à ce que les rayons négatifs aussi bien que les positifs fussent retenus. Dans le cas où des quantités égales des deux classes de rayons sont émises, une électrisation du creuset ne peut pas avoir lieu. Si, au contraire, il y a une émission sélective en faveur de l'une ou de l'autre, il faut que l'une ou l'autre électricité soit arrêtée à la suite du rayonnement par l'ouverture du creuset. Une difficulté s'est opposée à la réalisation de ces expériences : c'est la diminution d'isolement du vide produite par l'émanation. Le bromure de radium développe, en effet, un gaz fortement conducteur. L'auteur n'a pas réussi à faire cesser ce développement de gaz, même en conservant le bromure de radium, préalablement chauffé, pendant six semaines, dans un vide aussi parfait que possible.

Bien que le vide ait été poussé au plus haut degré accessible à l'expérience, l'électromètre très sensibls dont s'est servi l'auteur n'a pas accusé la moindre trace d'électrisation, même dans le cas où le vide a été conservé durant des heures. Ce résultat négatif peut tenir à deux causes : ou bien les phénomènes prévus n'existent pas; ou bien l'émanation est trop forte, donnant au vide une conductivité trop considérable. Pour des mesures plus précises, il fallait donc éliminer tout à fait cette émanation. Dans ce but, l'auteur a étiré un tube de verre mince jusqu'à ce que les parois de ce dernier soient réduites à quelques dixièmes de millimètre; dans ce tube, on a scellé un fil de platine, et la paroi intérieure du tube a été recouverte de feuilles d'aluminium touchant le fil de platine. Après avoir introduit le bromure de radium, on a scellé le tube à la lampe. L'électricité qui s'accumule devait alors pénétrer au dehors par l'intermédiaire du fil de platine. Le tube de verre a été suspendu par un fil de verre pareil et introduit dans le tube. Comme le petit tube de verre intérieur assurait une fermeture étanche par rapport à l'air, aucune émanation ne pouvait parvenir au dehors et abaisser la qualité du vide. C'est par ce moyen que l'auteur a été en mesure de constater des effets électriques s'accordant assez bien avec les prévisions de la théorie. Il résulte de ses recherches qu'il faut écarter la possibilité de déterminer par des pesées les masses transportées par le rayonnement, tandis que l'énergie de ce dernier n'est point négligeable. En faisant, en effet, abstraction des altérations de la masse en fonction de la vitesse, l'auteur évalue cette énergie par seconde à 8,7 ergs pour les particules négatives et 60 ergs pour les particules positives.

§ 5. — Électricité industrielle

Production, au moyen des courants alternatifs, de tensions extrêmement élevées. — Dans une Note parue dans un récent numéro de la *Physikalische Zeitschrift*[1], M. W. Wien, professeur à l'Université de Wurzbourg, discute les moyens dont on dispose pour produire des tensions électriques très élevées, tensions qui, pour étudier certains phénomènes, deviennent de plus en plus indispensables aux physiciens. Les courants continus à haute tension engendrés par les dynamos ou les batteries à haute tension sont fort coûteux et ne dépassent guère 40.000 volts. Les courants donnés par les machines statiques à influence, d'autre part, bien qu'allant jusqu'à 100.000 volts et davantage, ne sont que d'un emploi limité, en raison de leur faible intensité. Or, les bobines d'induction modernes donnent des tensions correspondant à des étincelles de 1 mètre et plus; mais l'on n'était pas, jusqu'ici, parvenu à faire des mesures quelque peu exactes avec ces tensions, les interrupteurs employés étant d'un fonctionnement trop inconstant et le quotient différentiel du courant par rapport au temps étant un élément impossible à évaluer.

C'est pourquoi l'auteur conseille d'employer, pour les tensions que peuvent donner les bobines d'induction, des courants intermittents. Dans le cas des courants sinusoïdaux, les phénomènes qui se passent dans le circuit sont susceptibles d'un contrôle théorique et de mesures exactes. Les courants donnés par nos machines à courants alternatifs, tout en n'étant pas rigoureusement de cette forme, s'écartent peu du type sinusoïdal et sont susceptibles d'analyse. En actionnant une grande bobine d'induction au moyen de courants alternatifs à 100 alternances par seconde, l'on arrive à des tensions intermédiaires entre 30.000 et 50.000 volts, et cela avec une intensité 5-7 ampères et une tension primaire d'environ 50 volts. Comme,

[1] *Physikalische Zeitschrift*, t. IV, n° 23, p. 624, 1903.

[1] *Phys. Zeitschr.*, t. IV, n° 21, p. 586-587, 1903.

d'autre part, le rapport de la tension secondaire à la tension primaire est, assez approximativement, proportionnel au rapport des nombres de tours des bobines secondaire et primaire, on pourra obtenir une tension dix fois plus grande, soit en augmentant le nombre de tours de la bobine secondaire, soit en diminuant, en proportion, celui de la bobine primaire, le nombre d'alternances étant égal. Comme, cependant, en pratique, ces deux moyens sont d'un emploi fort peu économique, l'auteur conseille de décupler le nombre d'alternances du courant, ce qui élève la résistance apparente à une valeur dix fois plus grande, de sorte qu'en abaissant, en même temps, le nombre de tours de la bobine primaire à une valeur dix fois moindre, l'on n'obtiendra qu'un courant dix fois plus grand, mais en même temps une tension secondaire décuple, tout en pouvant utiliser les secondaires des bobines d'induction ordinaires.

Les expériences que l'auteur vient de faire sur une dynamo à courant alternatif, spécialement construite par la maison Schuckert et Cie, démontrent la justesse de ces prévisions. Comme les grandes bobines d'induction courantes sont capables de donner, avec des bobines primaires convenables et en employant des machines à courant alternatif à 1.200 alternances, les mêmes tensions qu'on obtient avec les interrupteurs, l'on a ainsi le moyen de soumettre ces tensions élevées à des mesures exactes.

La traction électrique et les grands réseaux de chemins de fer américains. — La substitution de la traction électrique à la traction par la vapeur sur les grands réseaux de chemins de fer est une question à l'ordre du jour; si elle n'est pas maintenant réalisable en France, elle l'est, au moins partiellement, dans plusieurs pays, tels que la Suède, l'Italie, la Suisse, et même chez nous, dans la région connue sous le nom de « région de la Houille Blanche ».

D'après une intéressante étude de M. de Muralt [1], l'électricité présenterait des avantages dans la transformation même des grands réseaux américains de Pensylvanie et du New-York Central : c'est à cette étude que nous avons emprunté les chiffres ci-dessous.

Bien que M. de Muralt n'indique pas en détail le système de traction électrique sur lequel il base ses calculs, nous pouvons affirmer, d'après les chiffres très réduits qu'il indique pour la transformation, que c'est d'un système de traction à courant alternatif simple qu'il suppose réalisé l'emploi.

Ce système n'exige que deux conducteurs pour la distribution du courant aux voitures, et, l'un des conducteurs pouvant être constitué par la voie de roulement même, il reste à établir un seul conducteur isolé, comme pour la traction par courant continu, et aucune complication n'est introduite par la substitution de ce système au premier, soit en voie courante, soit aux aiguillages et croisements.

L'obstacle qui s'est opposé jusqu'à ce jour à l'emploi de ce système fort avantageux réside uniquement dans les défauts inhérents aux moteurs à courant alternatif simple réalisés par l'industrie, défauts qu'on a cherché à pallier indirectement par différents moyens coûteux, et que, de nos jours, on paraît devoir corriger entièrement par des moyens plus directs et moins dispendieux. Nous espérons que des applications nouvelles nous donneront l'occasion d'y revenir [2].

Le réseau de Pensylvanie a une longueur développée de 5.892 kilomètres, le New-York Central une longueur de 5.312 kilomètres.

Par l'emploi du courant alternatif à haute tension pour la transmission d'énergie à distance, l'équipement électrique de la ligne ne coûterait pas plus de 19.500 à 22.750 francs par kilomètre, toutes dépenses comprises. La dépense totale pour le premier réseau s'élèverait donc à 114.894.000 fr. au minimum, et à 103.584.000 fr. pour le second. Ces dépenses de premier établissement sont considérables, et ce sont elles qui découragent la plupart du temps les entreprises électriques en les conduisant à un total d'amortissement des capitaux et d'intérêts trop élevé.

Dans le cas présent, si l'on compte 10 °/₀ pour l'amortissement et l'intérêt, la charge annuelle est du dixième des chiffres précédents : pour le premier, 11.489.400 francs; pour le second, 10.358.400 francs.

Il faut, pour qu'il y ait intérêt à faire la transformation, récupérer ces dépenses au cours de l'exploitation, c'est-à-dire réduire d'autant le total des dépenses annuelles d'exploitation, dont les valeurs sont respectivement les suivantes : pour le réseau de Pensylvanie, 337.625.048 francs; pour le New-York Central, 243.690.042 francs.

D'après M. de Muralt, on aurait intérêt à substituer l'électricité à la vapeur parce qu'on peut, selon lui, espérer la réduction suivante des dépenses :

1°. — *Pour le New-York Central :*

Charbon 10 °/o, ou	2.410.656f09
Economie entière de l'eau	1.537.030,40
Autres fournitures, 50 0/0	870.148,65
Salaires 25 °/o	6.278.275,25
Entretien et réparations aux locomotives, 25 °/o	9.383.326,94
Economie totale :	20.479.437,33

2°. — *Réseau de Pensylvanie :*

Charbon, 10 °/o, ou	3.120.069,62
Economie entière de l'eau	1.743.487,20
Autres fournitures, 50 °/o	994.625,11
Salaires, 25 °/o	7.431.902,19
Entretien et réparations aux locomotives, 50 °/o	11.473.756,58
Economie totale :	24.763.840,70

§ 6. — Chimie physique

Électrisation de contact; une théorie des solutions colloïdales. — Un liquide s'électrise par filtration à travers une paroi poreuse; inversement, si une masse liquide est divisée en deux parties par une cloison poreuse, cette masse prend un mouvement d'ensemble à travers la cloison lorsqu'on établit entre les deux parties une différence de potentiel : c'est le phénomène de l'*osmose électrique*. D'autre part, si l'on soumet à l'action d'un champ électrique un liquide contenant des poussières en suspension, ces poussières se meuvent dans un sens déterminé par celui du champ.

Tous ces phénomènes trouvent leur explication dans l'électrisation de contact, c'est-à-dire dans ce fait que, lorsqu'un solide (la paroi poreuse ou les poussières en suspension) et un liquide sont mis au contact l'un de l'autre, ils prennent des charges électriques de signes contraires.

Dans le but d'étudier cette électrisation de contact, M. Jean Perrin [1] a eu recours au phénomène de l'osmose électrique, qui a l'avantage d'être très net et de permettre des mesures. Il a trouvé que cette osmose est notable pour l'eau, l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, l'alcool amylique, l'acétone, l'acide acétique, le nitrobenzène, c'est-à-dire pour des liquides ayant un

---

[1] C.-L. de Muralt : Electricity as a motive power on trunk lines. *North american Review*, May. — C.-L. de Muralt : Electricity on trunk lines. *Street Railway Journal*, May 16.

[2] La transformation du réseau des chemins de fer suédois par l'application de la traction à courant alternatif simple a fait l'objet d'une étude complète du Service des Chemins de fer suédois.

Plusieurs lignes vont entrer en expériences avec différents systèmes aux Etats-Unis, en Suisse et en Allemagne.

[1] *Comptes Rendus*, t. CXXXVI, p. 1388 et 1441; t. CXXXVII, p. 513 et 564 (1903.)

grand pouvoir inducteur spécifique, *bons ionisants;* au contraire, elle ne se produit pas avec le benzène, l'essence de térébenthine, l'éther, liquides qui ne sont pas ionisants.

Ce résultat n'est pas étonnant, car on s'aperçoit vite que le sens et la grandeur de l'osmose d'un liquide donné, à travers une cloison donnée, sont déterminés par la présence, dans le liquide, de traces de certains ions. L'expérience montre, en effet, que, en employant comme paroi un tampon de chlorure de chrome, et comme liquide l'eau (ou plutôt des solutions aqueuses dont la concentration est toujours inférieure à 1 mol. gr. pour 100 litres), l'ion positif H charge positivement la paroi, l'ion négatif OH la charge négativement, tandis que les autres ions monovalents ont une action à peu près nulle. La sensibilité de ce phénomène à la présence de l'ion H ou de l'ion OH, c'est-à-dire à l'acidité ou à la basicité de la solution, atteint et même dépasse celle des indicateurs colorés.

Quant aux ions polyvalents, leur action propre est très faible; mais ils modifient considérablement, en la *paralysant*, l'action de celui des ions H ou OH qui a le signe contraire au leur; c'est-à-dire que la présence d'un ion polyvalent négatif diminue considérablement la charge que produit l'ion H, tandis qu'un ion polyvalent positif, au contraire, paralyse l'action de l'ion OH. Cette action paralysante varie dans le même sens que la concentration, et elle est d'autant plus grande que la valence de l'ion est grande.

Les lois qui précèdent, relatives à l'électrisation d'une paroi par un liquide au contact, étant solidement établies par l'expérience, voyons comment M. Perrin s'en sert pour fonder sur l'électrisation de contact une théorie des solutions colloïdales.

On sait que les physico-chimistes considèrent les solutions colloïdales comme formées de granules chargés électriquement[1], en suspension dans le liquide; les expériences de Hardy[2] ont montré que le signe de cette charge est très sensible à la présence d'un excès d'acide ou de base; de plus, l'addition d'un électrolyte à une solution colloïdale provoque sa coagulation, surtout quand l'électrolyte ajouté contient un ion polyvalent du signe contraire à celui du colloïde, et d'autant plus que la valence de cet ion est plus grande. Le parallélisme qu'il y a entre ces propriétés et les lois de l'électrisation de contact a conduit M. Perrin à formuler la théorie suivante :

Il admet que l'on peut attribuer à la charge des granules la même origine — l'électrisation de contact — qu'à la charge des grandes parois; seulement, il faut remarquer que si, pour une grande paroi, on peut ne pas s'occuper de la structure de la couche électrique dont elle se charge, il faut, quand il s'agit d'une surface aussi petite que celle d'un granule, tenir compte de la structure atomique de l'électricité, et considérer la charge comme formée par des électrons distincts.

Cela étant posé, supposons que, dans une solution sursaturée, il y ait un germe, très petit, de la substance dissoute; ce germe grossit spontanément; lorsqu'il a acquis une certaine taille, il porte, par suite de l'électrisation de contact, un électron (la plus petite quantité d'électricité réalisable); puis il grossit encore, et, quand il porte deux électrons, ceux-ci, par leur répulsion, distendent le granule. Lorsque cette action électrique entre les deux électrons, ou ceux, plus nombreux[3], dont le granule peut encore se charger s'il grossit davantage, l'emportera sur la cohésion et la tension superficielle, il y aura segmentation, de sorte que le diamètre d'un grain ne pourra pas dépasser une certaine valeur.

Ainsi, la formation d'une suspension colloïdale, et son maintien en équilibre stable, s'expliqueraient par l'antagonisme entre la tension superficielle et la cohésion, d'une part, qui favorisent l'accroissement du granule, et l'électrisation de contact, d'autre part, cause de dislocation.

Cette théorie est en accord avec les propriétés, ci-dessus rappelées, des colloïdes : si l'électrisation de contact augmente, le diamètre d'équilibre devra diminuer; si elle diminue, le diamètre augmentera; si on la diminue encore, la segmentation devient impossible, la tension superficielle provoque la réunion des granules, et il y a coagulation. On s'explique alors l'effet, sur les solutions colloïdales, des acides, des bases, et des ions polyvalents.

Cette théorie est fort intéressante en ce qu'elle peut provoquer de nouvelles recherches sur les solutions colloïdales, encore si mal connues; mais, de plus, on ne peut s'empêcher de comparer cette segmentation d'un granule en deux parties, capables elles-mêmes de grossir, puis de se segmenter à nouveau, avec les nombreux cas de segmentation (chromomères, centrosomes, leucites) que l'on rencontre dans les phénomènes de karyokinèse, et, en rapprochant les travaux de M. Perrin de la théorie *granulaire* de la matière vivante, telle que l'ont adoptée de nombreux biologistes, on arrive peut-être à entrevoir comme pas trop lointaine une solution physico-chimique des problèmes biologiques.

§ 7. — Chimie physiologique

La combustion des hydrates de carbone dans le muscle et l'influence qu'exerce le pancréas sur ce phénomène. — Il est probable que la destruction du sucre, qui, dans la levure (Buchner) et dans les végétaux supérieurs (Stoklasa[1]), est effectuée par une diastase, est également assurée, dans le muscle strié, par une opération diastasique. Mais, jusqu'à présent, la diastase à laquelle on pourrait attribuer un tel travail est demeurée introuvable. Ainsi M. Lauder Brunton[2] n'a réussi à retirer du tissu musculaire qu'une diastase à pouvoir glycolytique médiocre, et M. Krauss et M. Arthus[3] ont montré que l'action glycolytique du sang, étudiée par M. Lépine, est beaucoup trop faible pour qu'on puisse par là expliquer la destruction quotidienne de plusieurs centaines de grammes de glucose. D'autre part, la découverte de MM. von Mering et Minkowski[4], relative au diabète pancréatique, a établi nettement l'importance du rôle que doit jouer le pancréas dans la glycolyse physiologique; mais la recherche d'une diastase glycolytique a également échoué de ce côté.

M. Simacek[5] a donc essayé de combiner l'action du muscle et celle du pancréas. De fait, soumis à l'expression, le pancréas et le muscle d'un même animal (chien ou chat) ont fourni chacun un suc, dont le mélange, exempt d'éléments cellulaires, détruit activement, à 37°, le glucose ajouté à la liqueur, surtout si l'on fait passer un courant d'air. Comme produits de destruction, on n'a encore isolé jusqu'à présent que

---

[1] L'existence de ces granules a été mise en évidence par la méthode de Siedentopf et Zsigmondy (*Revue générale des Sciences*, t. XIV, p. 231; 15 mars 1903) et leur charge est prouvée par le déplacement qu'ils subissent dans un champ électrique.

[2] *Proceed. Roy. Soc. London*, t. LXVI, p. 110; 1900.

[3] Il faut remarquer que, si la charge devient assez grande, on ne peut plus négliger l'action des électrons de signe contraire dont s'est chargé le liquide baignant le granule; cette action, faible d'ailleurs, à cause du grand pouvoir inducteur spécifique de ce liquide, s'oppose à la segmentation, de sorte que, lorsque le granule a dépassé une certaine taille, il a, semble-t-il, de moins en moins de chances de se segmenter.

[1] Voyez la *Revue* du 30 mars 1903.

[2] LAUDER BRUNTON : *Zeitschr. f. Biol.*, t. XXXIV, p. 487-1896. — LAUDER BRUNTON et RHODES : *Centralbl f. Physiol.*, t. XII, p. 353, 1898.

[3] F. KRAUSS : *Zeitschr. f. klin. Med*, t. XXI, p. 315, 1892. — M. ARTHUS : *Arch. de Physiol.*, t. XXIV, p. 337, 1893.

[4] VON MERING et MINKOWSKI : *Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol.*, t. XXVI, p. 371, 1890. — O. MINKOWSKI : *Ibid.*, t. XXXI, p. 85, 1893.

[5] E. SIMACEK : *Centralbl. f. Physiol.*, t. XVII, p. 209, 1903.

l'acide carbonique. L'action est immédiate, contrairement à celle qu'exercent les bactéries. Le sérum du même animal exerce une action empêchante.

L'intérêt de ces résultats, s'ils sont vérifiés par d'autres expérimentateurs, est considérable. Il y aurait là une action combinée de deux organes ou tissus, analogue à celle que l'on a observée pour l'entérokinase et le suc pancréatique.

§ 8. — Biologie

La statistique des espèces vivantes. — En réponse à la question posée par un de nos lecteurs dans le numéro de la *Revue* du 15 septembre (p. 892), et relative à la statistique de l'Histoire naturelle, nous avons reçu, de M. Louis Germain, l'intéressante lettre qui suit :

« J'ai lu avec un véritable intérêt l'initiative prise par votre journal de dénombrer les espèces vivantes du Globe. La question est fort complexe ; je n'y répondrai que partiellement et dans la spécialité qui me concerne : les Mollusques.

« Une réponse précise, donnant avec une exactitude rigoureuse la statistique des espèces, est presque impossible : les nombres varieront, en effet, dans d'assez larges mesures suivant l'idée que chaque naturaliste se fait de l'espèce. Il est, d'autre part, nécessaire, pour qu'une telle enquête ait une réelle utilité, qu'elle soit poursuivie avec précision et détails : ne donner qu'un nombre brut d'animaux composant une classe ou un ordre ne constitue, à mon point de vue, qu'un résultat médiocre. Au contraire, un dénombrement qui irait au moins jusqu'aux familles, sinon jusqu'aux genres, faciliterait beaucoup certaines comparaisons fort instructives. Malheureusement, le manque de place m'oblige à me borner ici. En tous les cas, voici quelques-uns des résultats auxquels je suis arrivé, en ce qui concerne tout d'abord le *Système Européen*. J'entends par là, non seulement l'Europe entière, mais encore l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie-Tunisie, Tripolitaine, Basse-Egypte), et une partie de l'Asie occidentale (Syrie, Asie-Mineure, Caucasie, Turkestan, Sibérie occidentale), toutes ces régions dépendant de la même faune.

« Je connais actuellement, dans le Système Européen ainsi compris : 9.872 espèces de Gastropodes et de Scaphopodes, et 2.483 espèces d'Acéphales, Céphalopodes ou Ptéropodes, soit un total de 12.265 espèces.

« Sur ces nombres, la France compte, pour elle seule : 2.327 Gastropodes ou Scaphopodes, et 1.076 Acéphales, Céphalopodes ou Ptéropodes, ce qui fait un total de 3.403 espèces.

« Nos 12.265 espèces du Système Européen se répartissent de la manière suivante :

« Gastropodes terrestres : pulmonés, 5.478; operculés, 140;

« Gastropodes fluviatiles : pulmonés, 514; operculés, 1.150;

« Gastropodes marins : 2.480;

« Acéphales fluviatiles : 591 ;

« Acéphales marins : 1.100.

« Plus les Céphalopodes, Ptéropodes et Scaphopodes, au nombre de 220 environ.

« Pour la France seule, nous aurons :

« Gastropodes terrestres : pulmonés, 1.042; operculés, 53 ;

« Gastropodes fluviatiles : pulmonés, 207; operculés, 248;

« Gastropodes marins : 766;

« Acéphales fluviatiles : 591;

« Acéphales marins : 385.

« On voit, par ces chiffres, qu'en Europe il existe environ 9.800 espèces de Gastropodes contre environ 2.500 espèces d'Acéphales, soit 3,9 Gastropodes pour un Acéphale. En France, nous connaissons environ 2.300 Gastropodes pour 1.100 Acéphales, soit 2,09 Gastropodes pour 1 Acéphale. La différence, assez grande comme on voit, tient : d'une part, à l'abondance de certaines familles de Gastropodes dans quelques régions du Système [genre *Helix* magnifiquement développé dans les régions circumméditerranéennes, genre *Clausilia* richement développé dans les montagnes dalmates, genre *Leucochroa* fort bien représenté dans le Nord de l'Afrique et la Syrie, etc.], d'autre part, à la connaissance relativement bien plus parfaite de la faune fluviatile française.

« A un autre point de vue, la répartition numérique des Mollusques européens donne :

« Faune terrestre : 5.618 espèces; faune fluviatile : 2.847 espèces (soit 1.664 Gastropodes et 1.183 Acéphales); faune marine : 3.800 espèces. Pour la France, ces chiffres deviennent :

« Faune terrestre : 1.095 espèces; faune fluviatile : 1.046 espèces (dont 455 Gastropodes et 591 Acéphales); enfin, faune marine : 1.262 espèces (dont 766 Gastropodes, 385 Acéphales, 11 Scaphopodes et une centaine de Ptéropodes et Céphalopodes.)

« On voit, par ces nombres, que la faune terrestre possède environ deux fois plus de représentants que la faune fluviatile et que cette dernière est cependant moins riche que la faune marine. Ces résultats sont parfaitement en harmonie avec ce que nous savons du polymorphisme des Mollusques : ce polymorphisme est, en effet, maximum chez les espèces terrestres, ce qui se comprend aisément si l'on tient compte de la diversité des milieux habités par ces animaux. Il est, au contraire, minimum chez les espèces marines, et, par suite, il devrait y avoir moins d'espèces marines que d'espèces fluviatiles. Nous avons cependant observé le contraire, ce qui tient évidemment au quantum d'étendue bien plus considérable de la faune marine.

« En résumé, la Faune malacologique européenne comprend environ : 8.500 espèces extramarines et 3.800 espèces marines (soit 2,23 coquilles extramarines pour 1 marine), représentant un total de 12.300 espèces. En supposant seulement *deux* variétés par espèce, ce qui est bien peu, si l'on tient compte du polymorphisme des Mollusques, nous arrivons au total de 30 à 35.000 formes, pour l'Europe seulement.

« Or, je crois que l'on peut considérer le Système Européen comme représentant environ le huitième de la richesse malacologique du globe. S'il est, en effet, quelques rares régions où la faune qui nous occupe est moins riche, il en est beaucoup d'autres, comme certaines régions américaines et asiatiques, qui renferment un nombre beaucoup plus considérable d'espèces. Ainsi donc, on peut, au bas mot, et sans tenir compte des nombreuses régions inexplorées, considérer qu'il existe au moins 100.000 espèces de Mollusques vivants, tant terrestres que fluviatiles ou marins, à la surface du globe.

« Un tel dénombrement, fait pour tous les autres embranchements du règne animal, permettait de se faire assez exactement idée de la richesse faunique du globe. »

Tout en remerciant M. Louis Germain de sa communication, la *Revue* continue à solliciter de ses lecteurs des réponses du même ordre sur les autres représentants des règnes animal et végétal.

Déterminisme de la métamorphose de l'Axolotl. — Il est maintenant bien démontré que les Axolotls, originaires du Mexique, sont des larves branchifères d'une Salamandre, l'*Amblystoma tigrinum*, dépourvue de branchies et de crête dorsale, à tête plus large et à corps parsemé de taches d'un blanc jaunâtre; mais ces larves présentent la particularité inattendue d'avoir des organes génitaux développés et de pondre des œufs comme les adultes; c'est ce phénomène que Kollmann a désigné sous le nom de *néoténie*. Au lieu d'être fixée avec précision, comme pour nos Batraciens indigènes, l'époque de la métamorphose de l'Amblystome varie beaucoup suivant les individus, ce qui explique qu'on trouve des larves géantes, pesant

45 fois plus qu'un adulte, qui ne se gênent nullement pour dévorer leurs congénères métamorphosés, mais de plus petite taille.

Le déterminisme de la métamorphose est mal connu. Mlle de Chauvin, après avoir fait quelques expériences, a pensé que c'était un phénomène adaptatif : des conditions favorables à la vie aquatique, eau aérée, profonde, etc., prolongeraient la vie larvaire, de telle sorte que la maturité sexuelle pourrait apparaître sans qu'il y ait eu métamorphose ; des conditions défavorables, comme le dessèchement des mares, forçant l'animal à une respiration aérienne exclusive, amèneraient le changement en Amblystome. Les expériences récentes de Powers[1], qui confirment du reste celles d'autres auteurs, ne sont pas favorables à cette manière de voir : on trouve des individus en voie de transformation dans des mares ayant une profondeur d'eau de 4 à 6 pieds, et ils paraissent éviter les bords où il y a moins d'eau ; il est vrai que des larves, placées dans des aquariums avec très peu d'eau, juste ce qu'il faut pour les couvrir, se métamorphosent quelques jours après, mais ce n'est pas plus tôt que d'autres larves vivant dans des aquariums convenablement remplis ; la suppression artificielle des branchies n'a pas d'effet spécial, etc. En somme, ce n'est pas une question de respiration aérienne forcée, de développement de surface branchiale, d'eau oxygénée ou non, de température ni de lumière. Powers est d'avis que la métamorphose est surtout déterminée par un changement dans la nutrition : la larve d'Amblystome est un organisme en équilibre instable, carnivore, mangeant constamment, capable, dans des circonstances favorables, d'arriver en 8 ou 10 semaines à une longueur de 18 centimètres ; il suffit que de mauvaises conditions succèdent brusquement aux bonnes, pour que les processus destructifs prennent le dessus sur les processus constructifs (une larve perd le tiers de son poids durant la métamorphose qui dure quelques jours) ; le commencement du phénomène, la résorption de la nageoire et des branchies, est en effet le résultat d'une auto-digestion des tissus. Cela expliquerait assez bien les épidémies de transformation que l'on remarque sur des Axolotls exposés à l'air soit expérimentalement, soit dans la Nature ; ce n'est pas parce que les poumons fonctionnent plus activement, car les larves ordinaires respirent très fréquemment l'air en nature, et leurs branchies sont des organes à peu près inutiles ; c'est bien plutôt le résultat de la chute dans la quantité de nourriture disponible : quand une mare se dessèche, d'abord la nourriture abonde ; il est facile aux Axolotls de capturer les larves d'Insectes et les Entomostracés, resserrés dans un étroit espace ; mais bientôt la faune disparaît, les mouvements des larves deviennent malaisés, et c'est la famine. D'où métamorphose.

Comme contre-épreuve, on peut citer l'expérience suivante : des larves, préalablement bien nourries, sont affamées et maintenues sous l'eau sans pouvoir gagner la surface ; la métamorphose commence, mais n'a naturellement pas le temps de s'achever, les Amblystomes mourant asphyxiés.

L'opinion de Powers et ses expériences sont intéressantes, mais comment se fait-il qu'en Europe, dans les aquariums où l'on nourrit très maigrement les Axolotls, il soit extrêmement rare d'observer leur métamorphose ?

§ 9. — Physiologie

Entretien de l'irritabilité de certains organes séparés du corps par immersion dans un liquide nutritif artificiel. — On sait que, pour entretenir pendant longtemps les contractions spontanées du cœur d'un mammifère séparé de l'organisme, il suffit de pousser par l'aorte vers le cœur du sérum sanguin oxygéné, ou mieux encore un liquide contenant essentiellement des substances minérales, de la glycose et de l'oxygène, le liquide de Locke.

On sait, par les expériences de Cohnheim, que l'intestin grêle d'un mammifère conserve, en dehors de l'organisme, ses mouvements péristaltiques pendant plusieurs heures s'il est immergé dans du sang défibriné. MM. Hédon et Fleig ont cherché à trouver un liquide essentiellement minéral, capable d'entretenir cette contractilité intestinale pendant longtemps, et, si possible, pendant plus longtemps que le sang défibriné, un liquide de Locke intestinal, pourrait-on dire.

Le liquide qui a fourni à ces auteurs les résultats les plus satisfaisants a la composition suivante : pour 1.000 grammes d'eau, 6 grammes de chlorure de sodium, 0 gr. 3 de chlorure de potassium, 0 gr. 1 de chlorure de calcium, 0 gr. 3 de sulfate de magnésie, 0 gr. 5 de phosphate disodique, 1 gr. 5 de bicarbonate de soude, 1 gr. 5 de glycose et de l'oxygène à saturation. Un fragment d'intestin grêle de lapin plongé dans ce liquide continue à se mouvoir pendant douze heures à 37°.

Parmi les diverses substances constituant cette liqueur d'Hédon et Fleig, les unes sont indispensables à l'entretien de la contractilité, les autres ne sont qu'accessoires. Ces savants ont montré que le glycose n'est pas nécessaire, et que l'oxygène n'a pas besoin d'être présent à saturation : le péristaltisme, en effet, se manifeste très bien dans une liqueur non sucrée et non spécialement oxygénée. Le sulfate de magnésie et le phosphate de soude ne sont pas indispensables, mais prolongent très notablement la durée de la survie de l'intestin. Le bicarbonate de soude et le chlorure de calcium, au contraire, sont des éléments nécessaires. Plongé dans un liquide absolument dépourvu de chlorure de calcium ou plus généralement d'un sel soluble de calcium, l'intestin, après une période d'activité généralement très courte, devient complètement immobile. Si alors on ajoute au liquide le sel de calcium, les mouvements péristaltiques apparaissent instantanément, et à partir de ce moment continuent comme dans le liquide complet. Il n'est pas nécessaire, d'ailleurs, d'employer la dose de sel calcique indiquée ci-dessus pour mettre en mouvement l'intestin ; le péristaltisme se manifeste déjà légèrement avec 0 gr. 002 à 0 gr. 005 de chlorure de calcium par litre ; il est très vif avec 0 gr. 50.

Le liquide de MM. Hédon et Fleig entretient également l'irritabilité du gros intestin, du rectum, de la vessie, de l'utérus gravide, en général de tous les organes à fibres lisses et pourvus de ganglions.

Ces faits sont à rapprocher des observations déjà anciennes de Raulin sur les cultures d'*Aspergillus niger* dans le liquide minéral connu sous le nom de liquide de Raulin, et de celles de Ringer et de Locke sur la contractilité du cœur en présence de liquides à composition minérale. Ils montrent le rôle très important que jouent les sels minéraux dans les phénomènes de la vie. Ils sont intéressants encore au point de vue de la technique physiologique, puisqu'ils mettent dans la main de l'expérimentateur un instrument permettant d'étudier et d'analyser facilement les manifestations motrices des organes à fibres musculaires lisses.

§ 10. — Sciences médicales

Sur l'étiologie de la Fièvre jaune. — Un médecin anglais, le Dr Tombleson, vient de faire sur lui-même des expériences très intéressantes au sujet de l'étiologie de la fièvre jaune ; nous empruntons à la *Médecine Moderne* quelques renseignements à ce sujet. Il fut piqué par un moustique, qui lui inocula la fièvre jaune. Il eut une première attaque très légère, qui dura deux ou trois jours. Il fit des préparations de son sang et il y trouva des microbes variés et en particulier un bacille ovale, cocciforme. Deux semaines après, il ressentit une nouvelle atteinte de mal, plus légère, et,

[1] The causes of acceleration and retardation in the metamorphosis of *Amblystoma tigrinum* (*American Naturalist*, t. XXXVII, 1903, p. 385).

dans la nouvelle préparation de sang qu'il fit, il trouva le même microbe. Il fit la même constatation dans le sang d'un malade qu'il soigna un mois plus tard et qui succomba à cette maladie. Il inocula les bacilles trouvés dans son sang et dans le sang de son malade à des chiens et à des singes, qui en moururent. A l'autopsie d'un singe, il aspira du bacille retrouvé à l'état pur dans ses viscères et il eut une légère attaque semblable aux premières, mais encore plus légère, et peu après son sang agglutina les cultures de ce bacille. Il semblerait que le Dr Tombleson ait été immunisé par une sorte de vaccination préventive, et c'est pourquoi il put se livrer presque impunément à une expérience courageuse, dont les conséquences auraient pu être très graves, sinon mortelles.

A propos de la chirurgie du cœur. — Schwerin vient de publier l'observation d'une nouvelle guérison de plaie du cœur : il s'agit d'un homme qui était déjà dans le collapsus, avait les extrémités complètement cyanosées et était couvert d'une sueur froide et visqueuse. Il présentait une plaie de l'oreillette droite qui saignait abondamment; la plaie fut suturée à la soie, le péricarde fut appliqué par-dessus et l'on fit ensuite un tamponnement de la plèvre; malgré les complications qui suivirent, hydropéricardite, empyème et pneumonie, le malade guérit; il peut travailler aujourd'hui. Noll, de son côté, a enregistré un cas de guérison de plaie par balle de revolver du ventricule gauche, et, d'autre part, on se souvient du remarquable Rapport qu'ont publié sur ce sujet, à l'avant-dernier Congrès de l'Association française de Chirurgie, en octobre 1902, M. le Professeur Terrier et son élève M. Reymond. La chirurgie du cœur deviendra banale d'ici à quelques années.

Cancer et Rayons Rœntgen. — Dans la séance du 13 octobre de la Société de Médecine de l'Etat de New-York, le Dr Bevan a constaté que les rayons de Rœntgen peuvent rendre de précieux services dans le traitement des cancers. On sait que les Professeurs Lemoine et Doumer, de Lille, ont communiqué dernièrement à l'Académie de Médecine des cas de guérison des cancers de l'estomac par ces mêmes rayons. Nous pouvons ajouter qu'encouragés par les brillants résultats obtenus, ils ont continué leurs expériences très intéressantes, et ils préparent même en ce moment une nouvelle communication à l'Académie de Médecine, où ils enregistrent des cas encore plus probants. De divers côtés, des praticiens ont signalé des cures de tumeurs malignes obtenues grâce aux rayons X, et le Dr Vigouroux, à la Salpêtrière, soigne quotidiennement une série de malades (cancers de l'estomac, du sein, etc.) parmi lesquels il en est au moins deux dont les tumeurs présentent une régression très nette. Malheureusement, l'emploi des rayons de Rœntgen n'est pas encore facile, et l'on trouve notés un peu partout les accidents divers qu'ils occasionnent : dermatites, brûlures, ulcérations, etc. C'est un inconvénient propre à tous les traitements nouveaux. Ce ne pourrait, en tous cas, faire mettre de côté ce procédé qui, dans des mains habiles, paraît appelé à un grand avenir.

Crachoirs commodes et économiques pour tuberculeux. — M. le Dr Barth, médecin des Hôpitaux de Paris, vient de proposer de nouveaux crachoirs pour les tuberculeux. Ce sont simplement des carrés de papier de 10 centimètres carrés environ, découpés par exemple dans un journal. Le malade, après avoir craché dans un de ces morceaux de papier, le roulerait en boule et le jetterait ensuite dans un récipient quelconque, destiné à cet usage, que l'on viderait dans le feu dès qu'il serait plein. Sans doute, l'idée n'est pas nouvelle, et il y a déjà bien longtemps que l'on trouve dans le commerce les mouchoirs de papier spécial qu'emploient les Japonais depuis des siècles; mais elle est ingénieuse, pratique et économique, et elle rendrait service, non seulement dans les familles, mais encore dans les hôpitaux, où le crachoir est un objet de dégoût pour le malade, pour ses voisins et pour les visiteurs.

Intoxication par la cordite. — Pendant la campagne sud-africaine, les soldats de l'armée anglaise ont découvert un nouveau narcotique. Ils se sont mis à mâcher de la *cordite* (explosif pour les canons) et ils ont éprouvé les joies diverses d'un fumeur d'opium ou d'un morphinomane. Devant ces constatations, le major Jennings a voulu en faire l'expérience sur lui-même. Il en a d'abord sucé un petit morceau et il a éprouvé du plaisir, puis de la lourdeur et enfin une migraine qui a duré plus de trente-six heures. Dissoute ensuite dans du thé, la cordite a produit une crise de rire, puis une sorte d'excitation spéciale (aphrodisiaque), suivie de stupeur et de prostration. Mélangée à de la bière, elle a produit les mêmes effets, exaspérés, et l'expérimentateur a éprouvé tous les symptômes d'une intoxication rapide.

L'acrocyanose chronique hypertrophiante. — Certaines maladies frappent les extrémités et seulement les extrémités; dans leur ensemble, elles constituent une pathologie spéciale, l' « acropathologie ». Ces affections représentent un certain nombre de types tranchés : la maladie décrite par Maurice Raynaud, l'ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique de Pierre Marie, l'acroparesthésie de Schultze en sont des exemples. La caractéristique de chacune de ces espèces est tirée, en outre de la localisation topographique, de la prédominance de tel ou tel trouble, sensitif, vaso-moteur, ou trophique. Ainsi, la maladie de Raynaud est essentiellement vaso-motrice. Elle se reproduit par des accès à trois phases : asphyxie d'abord (extrémités violettes, acrocyanose), puis syncope locale (doigt mort), puis gangrène. Cette « gangrène des extrémités » peut éliminer une ou plusieurs phalanges, le bout du nez, le bord des oreilles.

Mais, dans le domaine de l'acropathologie comme dans tout chapitre de la Pathologie, à côté de syndromes bien définis comme celui de Raynaud, on trouve aussi des formes hybrides et complexes. C'est ainsi que le trouble vaso-moteur peut s'arrêter à la phase de l'asphyxie locale (acrocyanose), alors qu'il se complique soit de troubles sensitifs, soit de troubles trophiques.

Dans une publication récente, M. Péhu [1] a rassemblé un certain nombre de cas de cette espèce. Chez un malade qu'il eut lui-même l'occasion d'observer, contrairement à ce qui se voit dans la maladie de Raynaud, le trouble vaso-moteur ne se reproduit pas par accès, mais il est constant; la phase d'asphyxie n'est pas dépassée; mais l'acrocyanose est compliquée de troubles trophiques, d'une hypertrophie portant sur les tissus des extrémités.

Ainsi, le maçon dont M. Péhu rapporte l'histoire vit ses mains et ses pieds augmenter de volume et prendre une coloration violacée pendant l'hiver. Lorsque la température devint plus clémente, les extrémités reprirent l'aspect normal. Mais, les hivers suivants, le gonflement et la coloration des mains et des pieds se reproduisirent, s'accompagnant de picotements douloureux et d'engourdissement, d'incapacité fonctionnelle croissante; le retour à l'état normal tardait de plus en plus à se faire dans la belle saison. Enfin, les extrémités restent violettes en permanence; et, de plus, elles deviennent énormes; les doigts et les orteils, les mains et les pieds, la partie inférieure des avant-bras et des jambes sont cyaniques, et leur gros volume n'est plus constitué par un simple gonflement comme au début; il s'agit d'une hypertrophie réelle de tissus indurés. D'ailleurs, les os ne participent pas à cette hypertrophie,

[1] Péhu : L'acrocyanose chronique hypertrophiante. *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, t. XVI, p. 1.

et la radiographie a montré l'intégrité absolue du squelette de la main.

Sur la signification de ce tableau morbide on ne peut être qu'extrêmement réservé, vu la rareté des observations (neuf). Le fait à retenir, c'est qu'à côté de l'acrocyanose qui se reproduit par accès et aboutit à la syncope locale et à la gangrène, il y a une acrocyanose constante qui provoque le gonflement, puis une hypertrophie durable des extrémités.

§ 11. — Enseignement et Congrès

Le Congrès interbritannique des Universités. — Il s'est tenu récemment à Londres un Congrès qui mérite d'être signalé, car il a réuni les Universités coloniales et celles de la Métropole. Récemment encore, les colonies britanniques dépendaient de la Métropole pour les besoins de leur vie intellectuelle; elles en recevaient tout faits les maîtres et les méthodes, les faits et les idées. Mais, depuis une vingtaine d'années, la situation a changé. Le Cap et Montréal, Melbourne et Bombay, toutes les grandes cités de l'empire colonial ont créé des centres d'enseignement. Quelques-unes des Universités coloniales, bien dotées et bien outillées, commencent même à vivre de leur vie propre; elles ont les professeurs et les cours qu'elles désirent, et sont, par conséquent, affranchies du lien métropolitain.

Il résulte de ce fait que le champ d'action des antiques foyers de la science britannique a considérablement diminué. Oxford et Cambridge voient leur clientèle se réduire. Les jeunes colonies, avides de science utilitaire, pressées de vivre et n'ayant guère le goût des anciens « dons » d'Angleterre et d'Ecosse, se plaignent que leurs fils n'aient pas toujours trouvé dans les Universités anglaises l'accueil qu'ils étaient en droit d'attendre. Beaucoup de ces jeunes coloniaux se sont plaints, au retour, que les programmes fussent surannés et l'enseignement des sciences, en particulier, médiocre. Quelques-uns rappellent même avec *humour* que la vie d'étudiant ne laisse pas d'être agréable, car on s'amuse ferme; mais, une fois cette vie terminée, on regrette parfois de s'être amusé trop.

Aussi bien, depuis quelques années, les étudiants coloniaux semblent éviter de plus en plus les Universités métropolitaines et rechercher celles de France et d'Allemagne, plus vivantes, plus actives et surtout plus démocratiques. C'est ce fait que lord Kelvin a constaté, sans aucune aigreur, dans un remarquable discours. Assurément, il ne songe nullement à reprocher à nos Universités (celles de Paris et de Grenoble, par exemple) d'attirer les étudiants britanniques. « La science, a-t-il dit, est un patrimoine commun. Toutes les Universités sont solidaires. Leur rivalité ne saurait être qu'amicale ». Mais, pourtant, il n'en regrette pas moins que les jeunes Canadiens et les jeunes Australiens aillent terminer leurs études ailleurs qu'en Angleterre.

Le Congrès international a adopté un projet assez large qui pourra devenir fécond. Un Conseil permanent a été institué qui aura pour mission de provoquer et d'entretenir un échange continuel de maîtres et d'élèves entre toutes les Universités de l'Empire; il devra fournir, par un système de bourses, à quiconque veut poursuivre une étude spéciale dans le centre le plus réputé pour cette étude, le moyen d'y trouver le vivre et le couvert pendant un temps déterminé. Enfin, ce qui mérite d'être noté, c'est que le bénéfice de cette institution ne s'arrêtera pas aux seules Universités britanniques, car le Congrès a conclu que ses futurs boursiers pourraient être envoyés aussi, s'ils le désirent, dans une Université étrangère.

Le Concours d'admission à l'École Centrale des Arts et Manufactures. — On sait qu'une vieille tradition, datant de la fondation de l'Ecole Centrale, en 1832, partageait les examens d'admission en deux sessions, l'une en juillet, l'autre en septembre. A cette époque, alors qu'un petit nombre de candidats se présentaient aux examens, la session de septembre était surtout une session de « repêchage ». Mais les temps ont changé : l'Ecole Centrale est devenue une école du Gouvernement par le don que ses fondateurs en ont fait à l'Etat, il y a une quarantaine d'années; nombreux sont les candidats qui s'y présentent afin d'obtenir le diplôme d'ingénieur, auquel est venue se joindre l'épaulette d'officier de réserve. Il en résulte que les difficultés du concours ont augmenté, et qu'il n'y a plus de différence, au moins quant à la qualité, entre les candidats qui se présentent à chaque session.

Il devient donc nécessaire que la difficulté des épreuves écrites soit identique pour les deux sessions. Or, malgré les efforts des professeurs chargés de trouver les sujets de compositions, il y a quand même des différences dans les difficultés que présentent les questions posées. Cette année, par exemple, on dit volontiers que la première session aurait présenté des épreuves plus difficiles que la seconde, et tel élève qui a été refusé à la première eût pu franchir la porte de l'Ecole à la seconde. Ces observations doivent être justes, puisque le Conseil de l'Ecole vient de demander au Ministre la suppression de la deuxième session des examens d'admission. Aussi l'on a tout lieu de penser que la décision ministérielle sera favorable à cette suppression et qu'elle sera rendue à bref délai.

Personnel universitaire. — M. Caullery, docteur ès sciences, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille, est nommé maître de Conférences de Zoologie (Evolution des Etres organisés) à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Darboux, docteur ès sciences, maître de Conférences de Zoologie à la Faculté des Sciences de Lyon, est chargé d'un Cours de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille.

M. Laurent, agrégé des sciences physiques, agrégé des sciences naturelles, docteur ès sciences, suppléant de la chaire d'Histoire naturelle de l'Ecole préparatoire de Médecine et de Pharmacie de Reims, est chargé d'un cours d'Histoire naturelle à la dite Ecole, en remplacement de M. Géneau de Lamarlière, décédé.

M. Vitte, agrégé de Physique, professeur au Lycée de Nantes, est nommé, en outre, professeur de Chimie à l'Ecole préparatoire à l'Enseignement supérieur des Sciences de cette ville.

M. Landrieu, licencié ès sciences, est nommé préparateur au Laboratoire de Chimie organique dirigé par M. Berthelot à l'Ecole pratique des Hautes-Etudes.

M. Appell, professeur de Mécanique rationnelle, et M. Painlevé, professeur de Mathémathiques générales à la Faculté des Sciences de Paris, sont autorisés à faire échange d'enseignement, pendant l'année 1903-1904.

M. Grignard, docteur ès sciences, chef des travaux de Chimie générale à la Faculté des Sciences de Lyon, est délégué dans les fonctions de maître de conférences de Chimie générale à ladite Faculté, pendant la durée du congé accordé à M. Tissier, chef de cabinet du ministre de la Marine.

M. Bodroux, maître de Conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Poitiers, est nommé professeur adjoint à cette Faculté.

M. Turpain, maître de Conférences de Physique à la Faculté des Sciences de Poitiers, est nommé professeur adjoint à cette Faculté.

L'AVIATION EN AMÉRIQUE

Une évolution dans les expériences de vol plané s'est produite aux États-Unis pendant ces six ou sept dernières années; je vais essayer de l'exposer brièvement aux lecteurs de cette *Revue* dans les pages qui suivent, écrites à la demande de son directeur.

I

Ces expériences furent entreprises dans l'unique but d'étudier les lois qui régissent l'équilibre dans l'air en mouvement, et non dans la pensée d'inventer quelque nouvelle machine volante. En 1893 et 1894, j'ai publié quelques articles où je passais en revue les divers essais d'aviation effectués jusqu'alors[1], en attirant spécialement l'attention sur les expériences très remarquables de planement de Lilienthal; j'exprimais alors l'opinion que cette méthode promettait les meilleurs résultats et qu'il devenait raisonnablement prudent d'expérimenter la question avec les précautions convenables. Il me paraissait certain qu'un succès éventuel en aviation devait dériver de l'expérience actuelle avec des machines de calibre suffisant pour porter un homme, mais après un apprentissage graduel, car, pour atteindre à l'art des oiseaux, il faut de l'exercice, beaucoup d'exercice.

On me répondit que le conseil était plus facile à donner qu'à suivre; le danger d'un accident était grand et redoutable. Je sentis qu'il m'incombait de montrer que l'expérimentation peut être faite avec sécurité et j'entrepris de rechercher les lois de l'équilibre dans l'air. En 1896, je fis construire trois machines capables de porter un homme : l'une sur le modèle de celle de Lilienthal, les deux autres sur mes propres plans. En 1902, j'en ai fait bâtir une autre encore pour essayer un principe différent.

Lilienthal est le père de la méthode d'expérimentation par planement. Il fit heureusement plus de deux mille glissades en cinq ans, jusqu'à ce que, un jour malheureux de 1896, étant parti, à ce qu'on croit, avec un appareil en mauvais état, il fut renversé et tué pendant son vol, pour la plus grande perte de la science.

Pilcher, un ingénieur de la marine anglaise, répéta les expériences de Lilienthal et améliora en quelque mesure la construction de l'appareil, mais il ne put modifier la méthode de rétablissement de l'équilibre (en cas de danger) par déplacement du poids du corps de l'aviateur. Il effectua plusieurs centaines de glissades sans accident et construisit trois ou quatre machines, mais il fut aussi renversé par une bourrasque et tué en 1899, par suite de la faiblesse de structure de son appareil.

Mes premières expériences, en juin 1896, furent exécutées avec une machine de Lilienthal, bâtie et montée par M. Herring. Elle servit à une centaine de glissades, mais elle se montra instable et dangereuse, de sorte qu'elle fût condamnée et abandonnée au bout d'une semaine; l'accident qui fut fatal à Lilienthal vint, six semaines plus tard, démontrer le bien fondé de cette décision. Quoique l'accident ait probablement été causé par la rupture d'un assemblage, il était évident, pour nous qui essayions la machine, que le principe fondamental était erroné et que nous devions chercher autre chose.

Le vent change constamment de force et de direction, il tourbillonne, frappe les surfaces en des points divers et change la position du centre de pression. La principale condition pour le maintien de l'équilibre est que le centre de pression et le centre de gravité soient toujours sur la même ligne verticale. Pendant le vol, le centre de pression varie lorsque la vitesse augmente ou diminue, ou lorsque les ondulations roulantes du vent frappent des parties différentes des surfaces de sustension. Lilienthal y remédiait en changeant la position de son corps et, par conséquent, le centre de gravité pour autant et aussi rapidement que cela était nécessaire; cela supposait une acrobatie constante, dans laquelle il était devenu très expert. Tous les amateurs qui ont obtenu et expérimenté ses machines les ont trouvées très difficiles à conduire et les ont bientôt abandonnées.

Connaissant ces difficultés, j'avais proposé de renverser le principe de l'appareil de Lilienthal et de disposer les surfaces de telle sorte qu'elles changeassent elles-mêmes de position par l'action du vent en replaçant le centre de pression dans la verticale au-dessus du centre de gravité (ce dernier restant en un point fixe) et qu'elles fussent ramenées par des ressorts à leur position normale quand les circonstances critiques auraient disparu. J'ai d'abord fait des essais avec ce que j'appelle le *cerf-volant échelon*. Il consiste en un châssis central en forme de parallélogramme, pivotant à ses quatre coins et relié à un barreau diagonal dont une extrémité est libre. En mettant le parallélogramme de biais (losange) et en le fixant dans cette position par la barre diagonale, les surfaces peuvent être échelonnées dans n'importe quelle position et elles ressemblent alors à un escalier dans l'air. On étudia

[1] *Progress in flying Machines.* MM. Forney, publisher. New-York.

ainsi les avantages de différents groupements; mais l'équilibre fut obtenu en mettant les ailes à pivot sur le châssis central, trois paires de chaque côté, et en restreignant leur mouvement par des ressorts de caoutchouc. Lorsque la force du vent augmente ou diminue, les ailes sont repoussées ou tirées en avant, et le cerf-volant est extrêmement stable dans l'air, volant comme s'il était fixé au ciel.



Fig. 1. — *Machine à ailes multiples.*

Une machine pouvant porter un homme fut construite sur ce principe et essayée en juillet 1896, mais on y reconnut tout de suite un défaut. Les ailes se nuisaient mutuellement lorsqu'elles étaient placées l'une derrière l'autre, l'air étant renvoyé par le bas par les ailes frontales et ne supportant que faiblement les ailes suivantes. Ce fait n'était pas entièrement imprévu et l'on y avait remédié dans la construction du bâtis central, qui était semblable à la *poutre armée* de M. Santos-Dumont. Les ailes furent groupées d'une autre façon et cinq paires furent finalement placées de chaque côté ; la machine prit la forme de la figure 1. Celle-ci se montra très stable, mais les glissades (dont plusieurs centaines furent effectuées) furent considérées comme trop escarpées (inclinaison de 10° à 11°), fait qu'on attribua à la résistance de front de toutes les arêtes des ailes et de la poutre centrale.



Fig. 2. — *Machine à deux surfaces.*

Un autre appareil, basé sur un principe différent, fut construit et expérimenté en août 1896. Il consistait en deux surfaces seulement, attachées à une poutre de pont formée de montants verticaux et de tirants diagonaux; il est représenté par la figure 2. L'équilibre est assuré par une modification de la *queue de Pénaud*, dessinée par M. Herring. Les irrégularités du vent sont rectifiées par son action sur la queue : celle-ci, étant frappée par l'air qui passe sur sa surface inférieure ou supérieure, exerce un moment sur les surfaces portantes et change leur angle d'incidence en raison de la vitesse, de sorte que la course est rectifiée. L'appareil pesait 11 kilogrammes, s'étendait sur 12,45 mètres carrés de surface portante et portait parfaitement un homme pesant 71 kilogrammes, à des vitesses de 8 à 9 mètres par seconde et avec des angles de descente de 7°,5 à 10°. L'équilibre était tout à fait satisfaisant et le seul accident qui arriva fut la déchirure du pantalon d'un novice qui faisait sa première glissade. Après avoir fait de 700 à 1.000 glissades avec cet appareil, j'en publiai les plans et les dimensions dans l'*Aeronautical Annual* (de Boston) pour 1897, et je demandai des imitateurs.

II

La première et la plus importante condition pour la conduite des expériences est le choix d'un ter-

rain convenable et d'endroits mous pour atterrir. Nous avions choisi une chaîne de collines sableuses sur la côte méridionale du Lac Michigan, à environ 50 kilomètres de Chicago. La hauteur était d'environ 30 mètres, le sable mou et les vents généralement réguliers; mais il y avait quelques arbres et buissons à éviter. Le terrain était désert; toutefois, les reporters des journaux nous y découvrirent bientôt et publièrent des articles sensationnels sur nos expériences, qui n'avaient cependant pas pour but d'essayer une véritable machine volante, mais simplement d'étudier le problème de l'équilibre.



Fig. 3. — *La pondération dans le vent.*

Après le choix d'un endroit convenable, les expériences étaient conduites de la manière suivante : L'aviateur commence à apprendre graduellement le métier d'oiseau. Il part d'abord d'une légère élévation et s'exerce facilement à bien atterrir. Quand il a acquis une certaine pratique, il s'envole d'une plus grande hauteur. Il se tient sur le côté de la colline avec l'appareil sur ses épaules, et il est généralement maintenu par un aide. Il se tourne contre le vent et lutte pour se mettre en équilibre. Le vent assaille l'appareil d'un côté ou de l'autre, ou dessus et dessous. L'aviateur y résiste en pressant avec le dos contre la barre transversale arrière et en déprimant le bord antérieur des surfaces, de sorte que le vent les repousse vers le bas. Cette attitude est montrée par la figure 3. Puis, reposant ses aisselles sur les deux barres horizontales et saisissant les montants verticaux, il fait un ou leux (jamais plus eddquatre) pas rapides en avant en élevant le bord antérieur pendant qu'il marche, et il se trouve flottant dans l'air. Il glisse alors en avant tout en descendant (quelquefois même il s'élève, s'il a la chance de rencontrer une bouffée de vent) jusqu'à ce qu'il remarque qu'il s'approche du sol. Il se repousse alors lui-même en arrière, en se faisant glisser sur les barres horizontales; il relève ainsi le bord antérieur de l'appareil, accroît la résistance et diminue la vitesse, et, sur le matelas d'air ainsi produit, il tombe légèrement jusqu'au sol. Jamais personne ne s'est foulé la cheville.

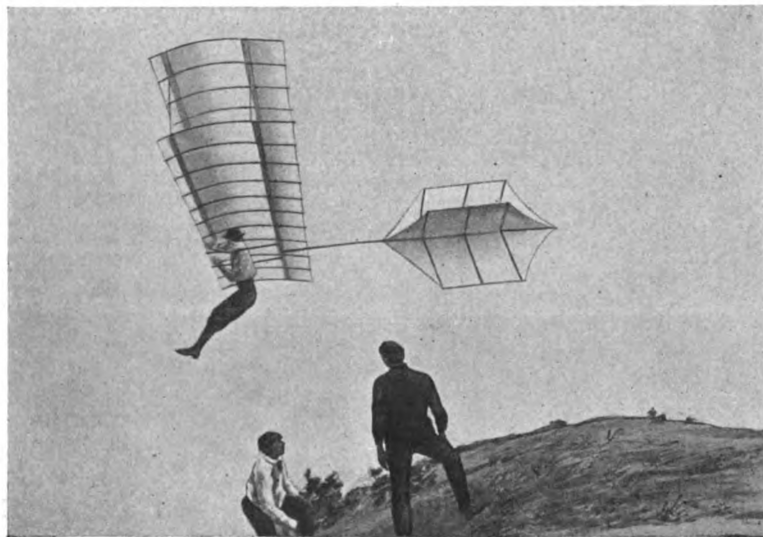
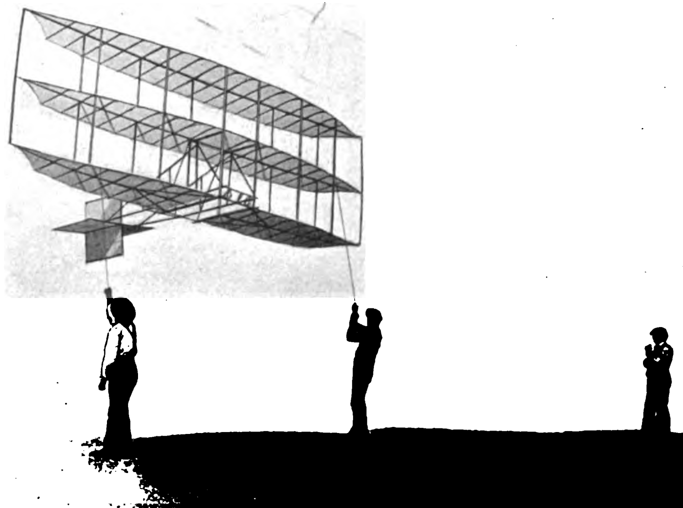
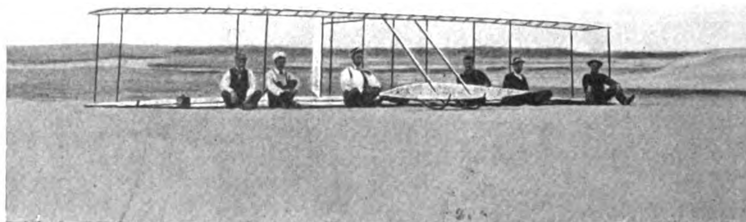


Fig. 4. — *La conduite de l'appareil.*

La queue a une forme analogue à celle d'un dard; elle est liée au bâtis moyen par un joint à la cardan, maintenu par une barre d'attache et restreint à la fois horizontalement et verticalement par des ressorts de caoutchouc. On peut l'employer pour gouverner de côté et d'autre, en haut ou en bas, en tirant une cordelette; mais on trouva plus commode de se guider en inclinant le corps de chaque côté ou en avant et en arrière. La machine répond instantanément aux petits mouvements de l'aviateur. Dans le cas de la figure 4, la course a été modifiée pour éviter les têtes des deux spectateurs. Il n'y a pas de sensation plus délicieuse que celle de glisser dans l'air; le mouvement est excessivement doux et élastique, et toutes les facultés sont en alerte. L'air siffle dans les oreilles; les arbres et les buissons passent rapidement au-dessous et l'atterrissage arrive toujours trop tôt. L'automobile seule peut être comparée comme sensation avec le vol, et peut-être tous deux augmentent-ils d'attrait par l'appréhension du danger. Car nous devons franchement reconnaître qu'il y a du danger dans les expériences de planement et qu'il faut prendre un soin constant pour maintenir l'appareil en bon ordre, en ne faisant pas de fausses manœuvres et en ne se risquant pas quand le vent n'est pas favorable.


Fig. 5. — *Machine à ailes oscillatoires.*


Fig. 6. — *La machine Wright et les aviateurs.*

III

Il faut au vent un temps appréciable pour repousser les ailes de la machine à ailes multiples, et pour changer l'angle d'incidence de la machine à deux surfaces par l'intermédiaire de la queue. Quoique ce changement ne demande qu'une fraction de seconde, il n'est pas instantané, et le vol ressemble aux ondulations du moineau plutôt qu'au parcours majestueux de l'aigle. Je me mis à la recherche d'un dispositif agissant plus rapidement et, après quelques années d'essais avec des modèles, je construisis en 1902 une machine, représentée par la figure 5, que j'appelle *machine à ailes oscillatoires*. Dans cette dernière, le châssis sur lequel l'aviateur repose est indépendant du bâtis qui porte les surfaces; il est suspendu à celui-ci par une coulisse ajustable, de sorte que le centre de gravité peut être modifié pendant les essais préliminaires. J'ai trouvé qu'on obtient les meilleurs résultats en suspendant le poids à environ 4/10 de la distance en arrière du bord des surfaces; on interpose des ressorts, en avant et en arrière, pour limiter le mouvement par rapport au bâtis moyen. La section des surfaces est parabolique en avant et droite vers l'arrière; les membrures sont flexibles vers l'arrière. La caractéristique de

cette forme d'aile, c'est qu'il n'y a pas de renversement dans le mouvement du centre de pression; ce dernier est à environ 35 °/₀ en arrière du bord antérieur pour un angle d'incidence de 0°, et il se meut graduellement en arrière vers le centre de figure quand on atteint un angle de 90°. Si, donc, la vitesse augmente ou que le vent relatif frappe la machine avec un angle d'incidence croissant, le centre de pression se meut en arrière et il fait osciller les surfaces portantes vers l'avant en diminuant instantanément l'angle d'incidence et tendant le ressort d'arrière, qui ramène les surfaces à l'angle de glissement déterminé d'avance (environ 7°) aussitôt que la bourrasque a cessé. L'action inverse a lieu quand (ce qui arrive quelquefois) une bouffée de vent frappe les surfaces par-dessus; alors le centre de pression s'avance et augmente l'angle d'incidence.



Fig. 7. — *Lancement de la machine Wright.*

Cette machine est, en outre, démontable, suivant un plan dessiné par M. Lamson. Le bras principal porte, au moyen de coulisses annulaires, les nervures; de la sorte, ces dernières peuvent glisser le long du bras de chaque extrémité vers le centre et se replier en un faisceau après que le bras a été retiré.

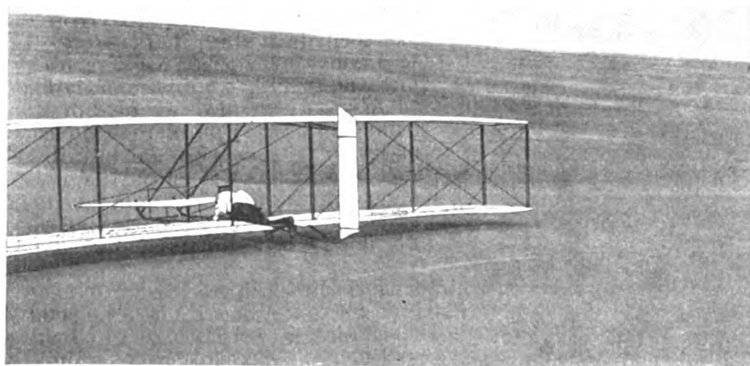


Fig. 8. — *La machine Wright rasant le sol.*

Quelques rares essais furent seulement faits avec cet appareil en 1902; il doit être essayé à nouveau dans l'automne de 1903, et les expériences qui ont été exécutées jusqu'à présent avec un modèle donnent bon espoir que la machine sera très stable lorsqu'elle portera un homme. Nous fournirons avec plaisir d'autres informations aux amateurs qui désireraient répéter des expériences avec cette machine.

IV

L'invitation faite en 1897 aux amateurs de répéter et d'améliorer les expériences de Chicago resta sans réponse jusqu'en 1900. A cette époque, MM. Wilbur et Orville Wright, de Dayton (Ohio), reprirent l'étude de la question avec quelques idées originales et firent faire un grand progrès à la pratique antérieure. Ils construisirent en 1900 un appareil similaire à la machine à deux surfaces, avec quelques améliorations importantes. Celles-ci consistaient à placer la queue ou le gouvernail horizontal en avant (où il se montra plus effectif qu'en arrière) et à mettre l'opérateur en position horizontale au lieu de le laisser debout, position qui avait été adoptée par Lilienthal, Pilcher et moi-même, dans le but d'atterrir sur nos pieds. MM. Wright augmentèrent l'épaisseur et le poids du châssis, le pourvurent d'une paire de patins ou sabots et le disposèrent pour glisser en avant sur le sable à l'atterrissage, dans le but d'obtenir l'arrêt. Comme ces dispositions requéraient des conditions particulières pour le champ d'expé-

riences, ils choisirent une colline et une plage de sable sur l'Océan Atlantique dans la Caroline du Nord, où il n'y avait rien que du sable, en particulier ni arbre, ni buisson. Cet endroit est situé près de Kitty Hawk, port de pêche qui se trouve sur la langue de sable s'étendant entre la mer et l'Albemarle Sound; il est absolument désert.

Avant obtenu un bon succès en 1900, MM. Wright construisirent, en 1901, une machine plus grande et plus forte, avec laquelle ils firent plusieurs centaines de glissades sans accident personnel. La machine de 1900 mesurait $5^{m},64$ de déploiement sur $1^{m},52$ d'avant en arrière, les deux surfaces couvrant 15,6 mètres carrés; elle pesait 21 kil. 8 sans l'aviateur. L'appareil de 1901 a $6^{m},7$ sur $2^{m},13$ avec une surface totale de 27,1 mètres carrés et pèse 45 kil. 4 non monté. Avec l'aviateur, le poids total est de 109 kilogs, de sorte que la charge est d'environ 4 kilogs par mètre carré. Pour mettre la machine en mouvement, deux assistants, placés sur un côté de la colline, la saisissent chacun par un des montants antérieurs et courent en avant (généralement pendant 5 ou 6 mètres) contre le vent. L'aviateur court aussi en avant pendant quelques pas, puis se jette à plat ventre sur l'appareil, d'où il crie aux aides : « lâchez tout », dès qu'il se sent bien soutenu par le vent. Ensuite, au moyen du gouvernail d'avant, il se dirige en haut ou en bas pour obéir aux variations du vent et pour suivre la pente de la colline. Il guide aussi à gauche ou à droite en déplaçant légèrement son poids et en courbant les surfaces quand il le peut.

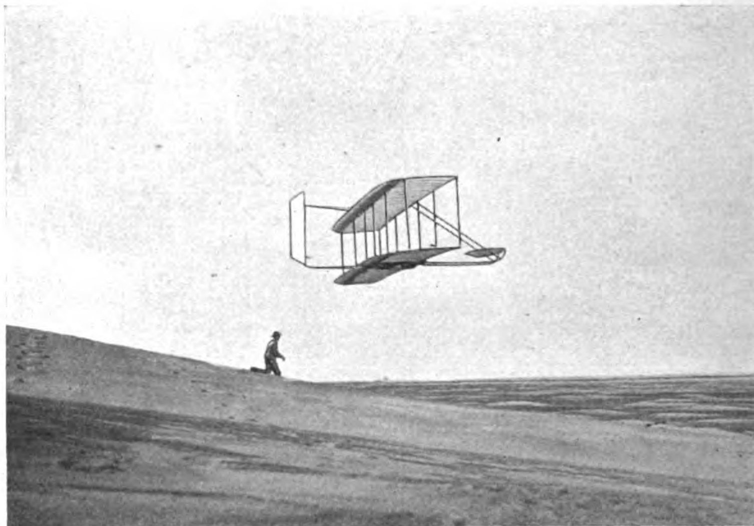


Fig. 9. — *La machine gouvernant pour s'élever.*

Au commencement, la tendance est d'exagérer les mouvements nécessaires; on produit ainsi une série d'ondulations qui absorbent de l'énergie, cette dernière provenant, naturellement, de la pesanteur. Quand la machine approche du sol, au bas de la colline, l'aviateur présente le gouvernail antérieur, sous un plus grand angle; l'appareil offre alors beaucoup plus de résistance et se redresse légèrement; la vitesse est modérée et la machine se pose sur le sol où elle s'arrête graduellement en glissant sur ses sabots. Quelques-uns de ces atterrissages ont été faits à des vitesses de 10 mètres ou plus par seconde; mais ils ont rarement causé du dommage à la machine ou des inconvénients à l'opérateur, qui avale seulement quelquefois un peu de sable.

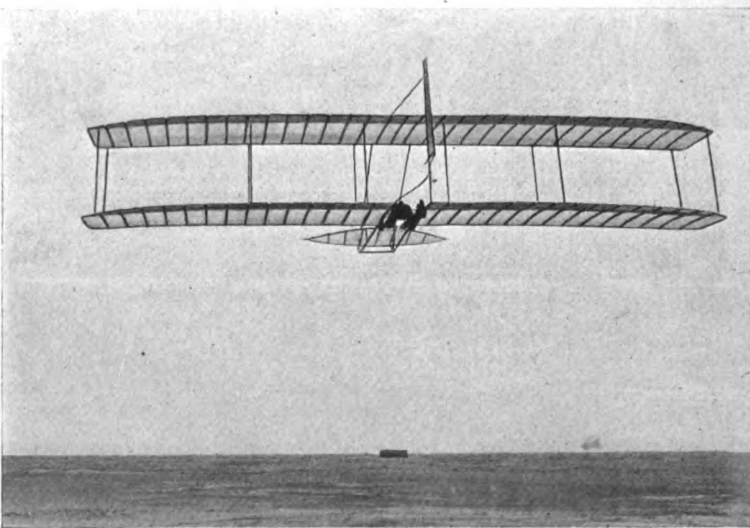


Fig. 10. — *La machine Wright bien en l'air.*

Dans l'ensemble, les résultats de 1901 n'ont pas été aussi bons qu'on pouvait l'espérer. Les angles de descente ne furent pas beaucoup plus faibles que ceux des expérimentateurs précédents. En fait (la force motrice étant la pesanteur), l'efficacité d'un appareil planant est démontrée par l'angle de descente quand la vitesse est uniforme. L'inclinai-

son de la trajectoire résulte de la composition de deux résistances, celle de l'air, qui supporte le poids, au mouvement de haut en bas, et celle de l'aviateur et de la machine au mouvement de translation. Comme la position horizontale prise par l'aviateur diminue des 4/5 la résistance à l'air de son corps, on avait espéré que les angles de descente seraient de 7° à 8°; ils furent, en réalité, d'environ 10°. On a attribué ce résultat au fait que la forme des surfaces de support n'était pas la meilleure possible ; aussi, pendant l'hiver suivant, MM. Wright firent une série d'expériences de laboratoire sur trente-quatre formes différentes de surfaces exposées à un courant d'air dans une conduite, d'où ils tirèrent des données importantes.

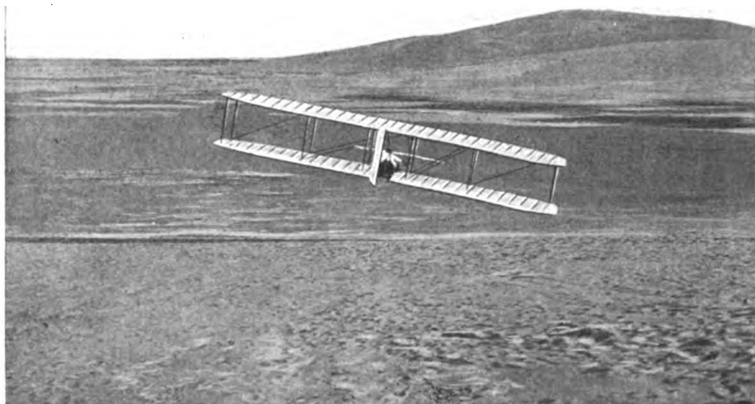


Fig. 11. — *La machine Wright tournant à droite.*

V

Pourvus de ces nouveaux renseignements, et persuadés que leur méthode de gouverner par la commande des surfaces elles-mêmes était correcte, tandis qu'il était prudent de placer l'opérateur en position horizontale, et d'atterrir avec les sabots de la machine en contact avec le sable, MM. Wright construisirent une autre machine en 1902.

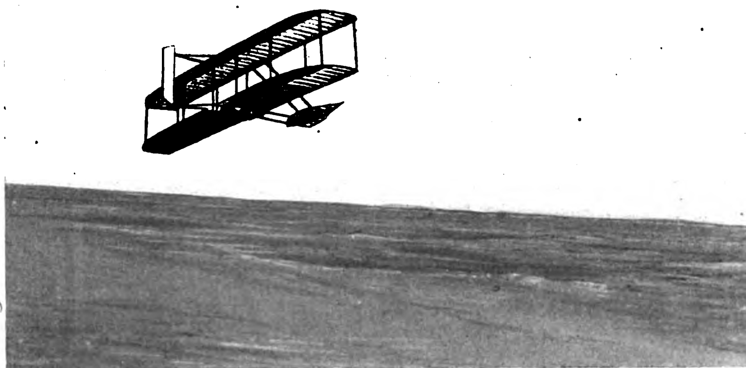


Fig. 12. — *La machine Wright tournant à gauche.*

Elle était plus grande, mais de la même disposition générale; elle mesurait $9^{m},75$ en travers sur $1^{m},5$ d'avant en arrière; les deux surfaces, distantes de $1^{m},42$, avaient une superficie totale de support de 28,4 mètres carrés. Le poids était de 53 kilogs non montée, et de 114 à 118 kilogs montée, suivant le poids individuel de l'aviateur.

Elle fut expérimentée en septembre et octobre 1902; on fit de 800 à 1.000 glissades, avec des angles de descente de 6° à 7°, et, dans un ou deux cas, de 5° seulement. La machine se montra pleinement satisfaisante et maniable, et les deux frères Wright, qui firent toutes les glissades et s'exercèrent alternativement, acquirent bientôt une grande habileté dans la rencontre des bourrasques et la direction de la machine.

La figure 6 montre la machine Wright de 1902. Les deux surfaces sont parallèles et droites de bout en bout ; mais dans la section transversale, dans la ligne de vol, elles sont cintrées d'environ 1/25ᵉ de leur largeur, le point de flèche maximum étant à environ 1/3 de la distance à partir de l'avant. Cette forme est basée sur le fait, reconnu d'abord par Lilienthal, que les surfaces concavo-convexes, ayant l'apparence des ailes d'oiseaux, donnent des pressions de sustension beaucoup plus grandes que les surfaces planes. Ainsi, avec les mêmes vitesses, la pression normale sur la surface cintrée est cinq fois celle d'un plan à 3° d'incidence et trois fois celle d'un plan à 7°. En outre, pour les surfaces cintrées d'un douzième de

leur largeur, les composantes de résistance de la pression de l'air se transforment, pour des angles dépassant 3°, en composantes de propulsion, qui, pour un angle de 15°, sont égales à 1/12 de la charge, et ne disparaissent pas entièrement avant qu'on atteigne un angle de 30°. Lilienthal les a désignées sous le nom de force tangentielle, et elles diminuent d'autant la résistance totale.

Le bâtis est en sapin d'Amérique, analogue au sapin d'Europe; pour les montants, la section est un double segment, afin de diminuer la résistance de l'air. Les nervures sont en frêne courbé; celles-ci, ainsi que les gros bras, sont noyées dans l'enveloppe. Cette dernière est une étoffe de coton de tissu fin, ressemblant à l'enveloppe des ballons, mais non vernie. Les liaisons entre les pièces du bâtis sont faites avec des amarres en cordelette, et les tirants qui complètent les fermes sont en fils d'archal. En somme, l'appareil est une ferme de pont, à laquelle sont fixées les ailes. Il est non seulement assez résistant pour supporter le poids de l'aviateur en planant, mais pour résister sans accident aux chocs de l'atterrissage. Il possède un gouvernail vertical à l'arrière. L'aviateur repose à plat entre les deux.

La figure 7 montre le lancement, que nous avons déjà décrit. Comme une vitesse relative d'environ 9 mètres par seconde est nécessaire pour supporter la machine et que les aides ne peuvent courir avec la charge qu'à raison de 4 mètres par seconde, les expériences sont généralement entreprises avec des vents de 4 à 13 mètres. Dans le dernier cas, le retour jusqu'au sommet de la colline pour recommencer une autre glissade est très aisé, car le vent soutient le poids de l'appareil et pousse les opérateurs.



Fig. 13. — *La machine Wright descendant.*

La figure 8 montre le commencement d'une glissade après que les assistants ont lâché tout. L'aviateur rase d'abord le sol et continue généralement ainsi jusqu'au bas de la colline lorsqu'il fait l'apprentissage de la conduite de la machine, afin de ne tomber que d'une faible hauteur en cas de fausse manœuvre. On a trouvé que le vent suit exactement la pente de la colline et qu'il est souvent plus régulier à une certaine hauteur, de sorte que l'aviateur peut s'aventurer alors à s'élever un peu.

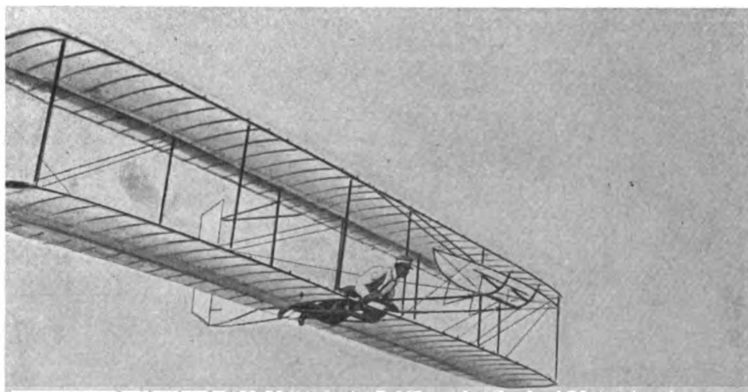


Fig. 14. — *La machine Wright approchant du sol.*

La figure 9 représente la machine en train de s'élever. Le gouvernail avant a été tourné et l'appareil monte. Le gouvernail a 1,4 mètre carré de superficie et pivote sur les barres d'attache diagonales qui s'étendent du sommet de la machine. Etant équilibré comme le gouvernail d'un navire, une très faible force est nécessaire pour le mouvoir, et elle est appliquée par l'intermédiaire de deux rouleaux : l'un saisi

par les mains de l'aviateur, l'autre situé sous le gouvernail, les deux étant réunis par une cordelette, et le rouleau extérieur étant attaché à une baguette fixée au gouvernail. Un très léger mouvement de torsion est suffisant, et la théorie des frères Wright est que l'on doit toujours diriger la machine au lieu de confier à des dispositifs automatiques le soin de maintenir l'équilibre.

La figure 10 montre l'appareil bien en l'air et prêt à affronter toutes les péripéties du vent. Ce dernier arrive en tourbillons, fait qui constitue l'obstacle le plus formidable au succès en aviation. La machine est frappée par le vent, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Quelquefois, elle est élevée subitement; d'autres fois, elle est frappée par-dessus et poussée en bas. Le pilote doit faire face instantanément à toutes ces vicissitudes sous peine d'un désastre, et la pratique seule permettra aux hommes de voler sûrement dans l'air.

La figure 11 représente l'appareil tournant à droite. Il faut noter que le gouvernail est tourné de côté et que l'aile droite est beaucoup plus basse que la gauche; l'attitude ressemble à celle de l'oiseau quand il tourne en cercle. On n'a pas encore déterminé quelle est la meilleure grandeur pour le gouvernail vertical; celui de la machine représentée a une surface de 0,56 mètre carré.

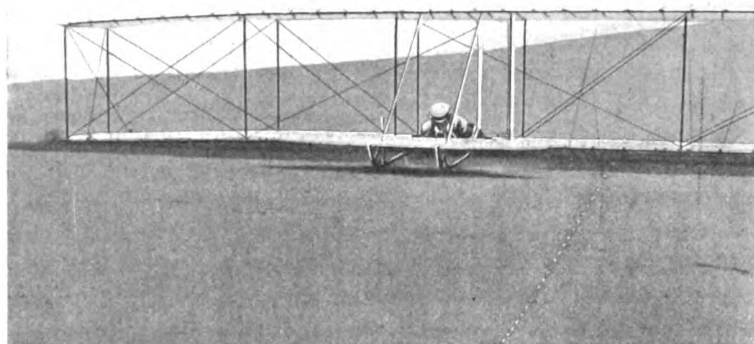


Fig. 15. — *L'atterrissage.*

La figure 12 nous montre la machine tournant rapidement à gauche; l'aile de ce côté est beaucoup plus basse que l'aile droite. Ces changements de direction ont généralement pour but de faire face aux irrégularités du vent; mais c'est surtout au moment de l'atterrissage qu'une fausse manœuvre est à craindre.

La figure 13 représente la machine descendant; elle a été prise quand l'appareil possédait un double gouvernail arrière; l'un des deux a été supprimé dans la suite. Le gouvernail horizontal avant est placé normalement à un angle négatif d'environ 7° avec les surfaces; par son action, il peut accélérer la descente, mais cela est très rarement nécessaire. Les glissades, dont la plus longue fut de 189 mètres en 26 secondes avec une hauteur de chute de moins de 28 mètres, sont trop courtes pour permettre à l'opérateur de faire autant d'exercices qu'il le désire.

La figure 14 montre la machine approchant du sol; l'aviateur relève la tête pour regarder où il va alterrir. Dans le cas particulier, il crie à son frère

Tableau I. — ***Principales expériences effectuées avec des machines volantes.***

Années	Inventeur	Envergure	Surface en mètres carrés	Poids en marche	Kilogs par mètre carré	Vitesse en mètres par seconde	Longueur du vol en mètres	Force motrice	Chevaux-vapeurs	Kilogs par cheval-vapeur
1879	Tatin	1,89	0,69	1,75	2,54	8,05	30,5	Air comprimé.	0,03	50,?
1889	Hargrave	1,67	2,41	2,27	0,94	4,47	104,5	»	0,06	36,?
1893	Phillips.	6,70	12,63	182,72	14,47	12,52	152,?	Vapeur.	5,6	33,0
1894	Maxim	15,24	371,00	3636,00	9,80	16,09	91,?	»	363,00	13,0
1896	Langley.	3,66	6,50	13,63	2,10	10,73	1200,0	»	1,00	14,0
1897	Tatin et Richet . .	6,60	8,00	32,72	4,09	18,00	140,0	»	1,33	25,0
1897	Ader	15,00	25,00	500,00	20,00	22,35	30,?	»	40,00	13,0
1895	Lilienthal.	7,01	14,00	100,00	7,14	10,28	365,0	Pesanteur.	2,00	50,0
1896	Pilcher	7,01	15,80	91,00	5,75	11,18	274,0	»	2,00	45,0
1896	Chanute.	4,87	12,45	82,00	6,58	9,83	110,0	»	2,00	40,0
1901	Wright	6,70	27,10	109,00	4,02	9,08	120,0	»	2,28	48,0
1902	Wright	9,75	28,40	118,00	4,15	9,68	189,0	«	1,84	62,0

de s'écarter de son chemin et agit sur le gouvernail avant pour réduire la vitesse.

La figure 15 représente la machine atterrissant. Elle a encore quelque élan, et l'on voit le sable volant de dessous les sabots et du coin à droite. Tous les atterrissages en 1902, sauf un, furent faits sans rupture de la machine ; la seule rupture résulta d'une fausse manœuvre due à l'inexpérience. Aucun des opérateurs ne se fit la plus légère blessure pendant les trois ans d'expérience.

VI

Les résultats obtenus en 1902 marquent un grand progrès sur tous les essais antérieurs : la machine s'est mieux gouvernée, les variations du vent ont été mieux contre-balancées, et, ce qui est plus important encore, les glissades ont été faites à des pentes plus douces qu'auparavant, fait qui indique que la résistance est dans une plus faible relation vis-à-vis de la force de support. En somme, les essais se sônt beaucoup rapprochés du planement du vautour, qui descend dans l'air calme à raison de 10 °/₀, c'est-à-dire à un angle de 5°45'. On a vu que ces expériences de planement sont raisonnablement sûres ; la seule chose qui reste à faire est d'acquérir de l'adresse dans le métier d'oiseau.

Le tableau I (p. 1141), exprimé en unités métriques, est extrait d'un article sur l'Aéronautique que j'ai écrit pour la dernière édition de l'*Encyclopedia Brittanica ;* il nous montre les résultats qui ont été obtenus avec diverses machines pourvues de moteurs et avec les appareils basés seulement sur la pesanteur. Les chiffres de la dernière colonne, indiquant les kilogrammes soutenus par cheval-vapeur par les machines planantes, peuvent s'attendre à diminuer de moitié quand un moteur et un propulseur artificiels seront appliqués, par suite des pertes inévitables qui résultent de la machinerie et du recul de l'hélice.

Les proportions des modèles de Tatin et de Hargrave ne peuvent pas convenir pour des machines portant un homme, et l'équilibre de la machine de Phillips était très défectueux. Les machines volantes à moteur doivent être prévues avec des charges de 4 à 20 kilogs par mètre carré en marche, celles-ci requérant des vitesses de 9 à 20 mètres par seconde pour être supportées. On peut donc espérer supporter environ 30 kilogs par cheval-vapeur.

On voit par le tableau qu'il y a eu une évolution graduelle en Amérique. La démonstration a été faite qu'on peut expérimenter en sécurité avec divers types d'appareils de planement, pourvu qu'on dispose d'un terrain convenable et qu'on agisse avec prudence. Ainsi, le métier d'oiseau peut être appris graduellement. Les inventeurs qui ont cherché à produire une machine à voler complète ont trop entrepris à la fois. Même lorsqu'ils ont construit une bonne machine, ils n'ont pas su la conduire dans le vent et ils sont tombés. Les problèmes à résoudre d'abord sont ceux de l'équilibre et de la manœuvre et l'on n'y arrivera que par un apprentissage persévérant.

Il y a place maintenant pour une évolution plus étendue, pour l'amélioration des machines glissantes existantes et le développement de nouveaux types ; mais elle doit se faire graduellement et de préférence avec de petites machines, qui sont plus facilement dirigées. J'ai jusqu'à présent déconseillé l'application des moteurs aux machines glissantes parce que je croyais qu'on devait d'abord se rendre maître de l'équilibre et de la direction. Le moteur introduira des complications ; mais je pense qu'on a fait maintenant assez de progrès pour envisager l'application du moteur. L'appareil devra d'abord être essayé en vol plané, avec grande prudence, et sous forme de petit modèle ; puis, quand on aura acquis assez d'habileté, le moteur et le propulseur y seront ajoutés.

O. Chanute.

LES NOUVELLES MATIÈRES COLORANTES

L'industrie des matières colorantes artificielles date du milieu du siècle dernier ; elle débuta avec la « mauvéine », obtenue par W. H. Perkin en 1856 parmi les produits d'oxydation de l'aniline. Depuis cette époque, les découvertes dans ce domaine se sont succédé avec une rapidité jusqu'alors inconnue dans l'histoire des sciences et des arts ; des usines spéciales se sont fondées dans tous les pays, mais plus particulièrement en Allemagne, et un nombre considérable de matières colorantes artificielles ont été lancées sur le marché. Et l'on peut dire qu'il y a déjà dix ou quinze ans que les teinturiers et les fabricants d'impressions disposent de toute une gamme de nuances allant depuis les teintes les plus claires et les plus délicates jusqu'aux noirs les plus intenses. Malgré cette abondance de produits, la fièvre de découverte ne s'est pas calmée et le nombre des brevets pris chaque année a suivi une marche ascendante.

On peut se demander quelle est la raison d'être

de cette recherche de colorants nouveaux, du moment que l'industrie dispose déjà d'un si grand nombre de produits parfaitement connus. Et c'est à cette question, que l'on est amené tout naturellement à se poser, qu'il est nécessaire de répondre d'abord.

Si nous examinons combien de matières colorantes artificielles ont trouvé un emploi quelque peu durable dans la pratique, nous voyons bien vite que celles-ci ne forment relativement qu'un petit nombre. Car, pour qu'un colorant puisse trouver une application, il faut qu'il remplisse un certain nombre de conditions, qui, toutes, se résument en celles-ci : beauté, solidité et prix aussi bas que possible. Ce sont là des conditions primordiales, mais ce ne sont pas les seules; suivant l'emploi particulier auquel la matière colorante est destinée, il faut qu'elle en remplisse encore d'autres, sur lesquelles il est impossible d'insister ici. On comprend facilement que, plus le nombre de conditions à remplir est grand, plus on aura de difficulté à les trouver toutes réunies chez un même colorant ou groupe de colorants. Il s'agit donc de trouver à en satisfaire le plus grand nombre, et c'est là précisément le but que se proposent les fabriques de matières colorantes et ce qui les guide dans leurs efforts pour l'atteindre. Avant de passer en revue les progrès les plus récents qui ont été accomplis dans cet ordre d'idées, il est nécessaire de préciser quelques définitions qui reviendront dans le cours de cet exposé.

Les corps nous apparaissent diversement colorés parce que, lorsqu'ils sont frappés par la lumière blanche, ils ne renvoient qu'une partie des rayons colorés qui constituent cette lumière.

Un *corps coloré* n'est pas toujours une *matière colorante*; il faut pour cela qu'il soit susceptible de teindre les fibres animales ou végétales.

Les corps colorés renferment dans leur molécule certains groupements atomiques considérés comme étant la cause de leur coloration et auxquels on a donné le nom de *chromophores;* les molécules tout entières qui possèdent de tels groupements sont dites *chromogènes.*

Pour qu'un chromogène devienne véritablement une matière colorante, il faut y introduire des groupes salifiables amidés ou hydroxylés, groupements qui ont été appelés *auxochromes.*

Par exemple, l'azobenzène



$$C^6H^5 - Az = Az - C^6H^5$$

est coloré ; il renferme le groupe Az = Az qui est le chromophore. Mais l'azobenzène n'est pas une matière colorante. Pour qu'il le devienne, il faut y introduire des groupes AzH^2 ou OH.

Ainsi :



$$C^6H^5 - Az = Az - C^6H^4 - AzH^2$$

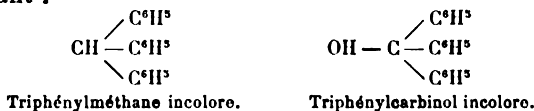
constitue le *jaune d'aniline.*

Ces données étant admises, nous allons passer en revue les colorants nouveaux appartenant au groupe le plus anciennement connu, c'est-à-dire à celui du triphénylméthane.

I. — Groupe du Triphénylméthane.

Le triphénylméthane est le carbure fondamental d'une série de matières colorantes aux nuances extrêmement vives et brillantes.

Il est incolore, ainsi que le carbinol correspondant :

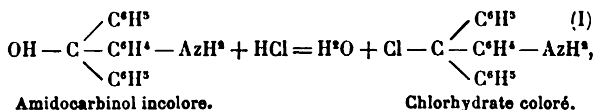


Triphénylméthane incolore. Triphénylcarbinol incolore.

Si, dans la molécule du carbinol, on introduit un groupe amidé en para par rapport au carbone méthanique, on obtient encore un produit incolore, mais dont les sels, tels que le chlorhydrate, par exemple, sont colorés. Cependant, ces sels, quoique *colorés*, ne sont pas des *matières colorantes*, puisqu'ils ne possèdent pas d'affinité pour la fibre. Pour passer de ce composé aux véritables matières colorantes, il faut introduire dans les autres noyaux un ou deux groupements amidés, alkylamidés ou hydroxylés, c'est-à-dire des groupes auxochromes.

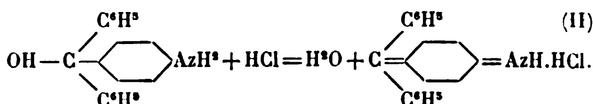
Nous reconnaissons donc dans les sels du mono-amido-triphényl-carbinol ce que nous avons appelé un chromogène. Les sels colorés du mono-amido-triphényl-carbinol dérivent de celui-ci par la combinaison d'une molécule d'acide avec élimination d'une molécule d'eau, et ceci est général dans toute la série des colorants amidés du triphénylméthane. Pour expliquer ce passage brusque d'un corps parfaitement incolore à un autre doué d'une coloration intense, on a admis que, lors de la formation du sel coloré, il a dû se produire une modification profonde dans les liaisons ou les arrangements intimes de la molécule.

Aussi, au lieu de représenter les sels colorés comme on est tenté de le faire à première vue par le schéma :



Amidocarbinol incolore. Chlorhydrate coloré.

on a admis la formation d'une liaison quinonique, comme le montre la formule :



Voici, d'après M. Nietzki, quel est le chromogène dans les colorants du triphénylméthane. Cette constitution a été admise par la majorité des chimistes; la première, due à M. Rosenstiehl, rencontre cependant quelques adhérents. Dans l'exposé qui va suivre, nous admettrons la seconde, quoique les résultats pratiques n'en subsistent pas moins, quelle que soit la théorie à laquelle on essaie de les rattacher.

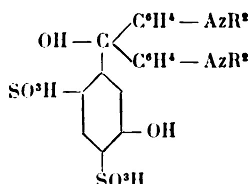
Les colorants du triphénylméthane se préparent par plusieurs procédés, mais nous n'en retiendrons que deux, parce qu'ils nous seront utiles dans la suite:

1° On condense les aldéhydes aromatiques avec les amines et on oxyde le leucodérivé ainsi obtenu;

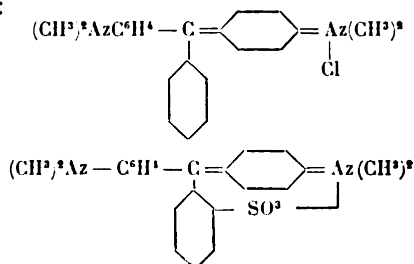
2° On condense les hydrols alkylamidés avec les amines et on oxyde comme précédemment le leucodérivé.

En faisant varier les hydrols, les aldéhydes, les amines, on a toute une foule de colorants, évidemment très variés dans leurs nuances. Mais presque tous ont la fâcheuse propriété d'être décolorés par un lavage au savon. Il n'y a qu'une seule catégorie de ces dérivés qui résistent; ce sont les *Bleus patentés*. On les obtient en condensant l'aldéhyde métanitrobenzoïque avec les amines tertiaires, réduisant, diazotant, sulfonant et oxydant.

La constitution du leuco-dérivé est la suivante :



Pendant longtemps on a admis que la résistance aux alcalis devait être due à la présence du groupe OH en méta. Les travaux de MM. Suais et Sandmeyer en 1897 ont démontré que c'est, au contraire, la présence du groupe SO^3H en ortho qui en est la cause unique. En effet, si l'on condense l'aldéhyde benzoïque avec la diméthylaniline, on obtient le *vert malachite*, qui est déjà décoloré même par l'ammoniaque; si, d'autre part, on condense le tétraméthyldiamidobenzhydrol avec l'acide métanilique, qu'on diazote et qu'on fasse bouillir avec l'alcool, puis que l'on oxyde, on aura un colorant qui ne diffère du vert malachite que par un groupe SO^3H en ortho :

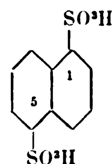


Ce colorant est un bleu-vert très pur et résistant aux alcalis.

La question revient donc à préparer des colorants ayant un groupe SO^3H en ortho par rapport au carbone central. Pour cela, on a préparé des aldéhydes ortho-sulfonées et des hydrols orthosulfonés. On pourrait croire que la solidité provient de la salification de l'azote par le groupe SO^3. Il n'en est rien, car le groupe SO^3H peut être remplacé par AzO^2, Cl, OCH^3, CO^2CH^3, etc., en un mot par un groupe acide ou négatif.

En condensant les aldéhydes orthosubstituées avec les amines, l'éthylaniline, l'éthylorthotoluidine, la benzyléthylaniline sulfonée, la chloro, la dichloro, la nitrodiméthyl ou diéthylaniline, la maison Geigy a préparé toute une série de colorants du triphényl méthane solides aux alcalis : l'*érioglaucine* l'*ériochlorine*, l'*ériocyanine*, qui ont trouvé une grande application dans la teinture de la laine.

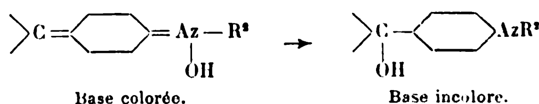
On a étendu ces réactions également aux diphénylnaphtylméthanes, obtenus en condensant les hydrols avec les acides naphtalènesulfoniques :



ce qui fournit encore des colorants solides aux alcalis.

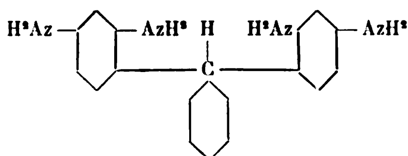
On ne sait pas bien jusqu'ici quelle est la raison de la solidité aux alcalis de ces produits. Mais on pourrait admettre que la base de ces colorants est elle-même colorée.

M. Hantzsch a montré que, lorsqu'on traite un sel coloré d'un amidotriphénylméthane par un alcali, il se précipite une base *colorée* qui possède les propriétés d'une base ammonium, mais qui s'isomérise peu à peu en une base *incolore* carbinolique ne conduisant plus le courant :

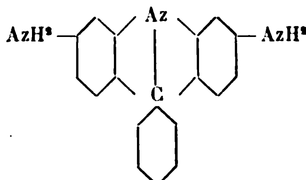


On pourrait admettre que la présence d'un groupement négatif en ortho par rapport au carbone central empêche cette isomérisation en la base incolore, ce qui expliquerait pourquoi le produit n'est pas décoloré par les alcalis. Mais ce n'est là qu'une hypothèse.

Si, dans la condensation des aldéhydes avec les amines, on remplace les amines par les métadiamines, il se forme un tétra-amido-triphénylméthane; ainsi, avec la métaphénylènediamine et l'aldéhyde benzoïque, on aura le produit :



Ce composé, sous l'influence des acides, perd AzH² et donne une *hydracridine*, puis, par oxydation subséquente, une *acridine* :



Ces colorants sont connus depuis fort longtemps; on en a préparé de nouveaux qui en diffèrent en ce qu'ils sont dissymétriques, comme par exemple le tolunaphtacridine, etc. Nous ne les citons que parce que nous aurons l'occasion de retrouver plus tard des dérivés acridriniques dans un autre groupe.

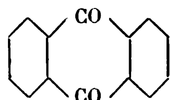
Tous ces colorants du triphénylméthane, quoique d'une grande intensité et d'une grande pureté, présentent un défaut très grave : ils ne sont pas solides à la lumière.

Une exposition de quelques semaines suffit souvent pour les décolorer ou tout au moins les faire passer notablement.

Il existe une classe de colorants qui, contrairement aux précédents, sont remarquables par leur extraordinaire résistance à l'action de la lumière. C'est la classe des colorants anthracéniques.

II. — Colorants anthracéniques

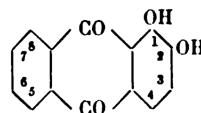
L'anthracène est un hydrocarbure qui, par oxydation, donne une quinone : l'anthraquinone



légèrement colorée en jaune. L'anthraquinone n'est pas une matière colorante.

Pour avoir des matières colorantes, il faut y introduire des groupes OH ; mais les produits ainsi obtenus ne peuvent être employés pour la teinture directe : ils n'auraient aucune valeur; on est obligé de les fixer sur les mordants métalliques. Pour qu'ils puissent servir à cet effet, *il faut qu'ils renferment au moins deux groupes OH en ortho, dont l'un est voisin du CO.*

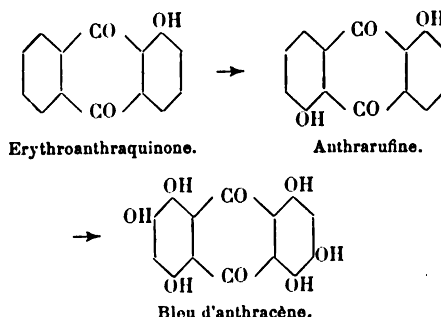
Celà constitue la règle de Kostanecki et Liebermann ; ainsi, de toutes les dioxy-anthraquinones, la seule intéressante est l'alizarine ou garance artificielle, qui est une 1 : 2-dioxy-anthraquinone :



Partant de la règle de Kostanecki et Liebermann, on s'est surtout efforcé de préparer des dérivés de l'alizarine renfermant un nombre d'hydroxyles de plus en plus grand, car on a remarqué que l'accumulation de ces groupements hydroxyles fait virer la nuance vers le violet et le bleu.

Pour préparer ces poly-oxy-anthraquinones, on s'est servi de plusieurs procédés.

Indépendamment des procédés classiques, qui consistent à fondre les acides sulfoniques ou les dérivés bromés de l'anthraquinone avec les alcalis, on peut oxyder l'anthraquinone ou les mono-oxy-anthraquinones par l'acide sulfurique fortement fumant. Ainsi l'érythro-oxy-anthraquinone donne, dans ces conditions, d'abord l'anthrarufine, puis le *bleu d'anthracène* ou hexaoxy-anthraquinone :



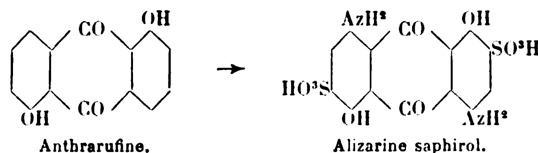
Erythroanthraquinone. Anthrarufine.
Bleu d'anthracène.

Ces réactions sont rendues considérablement plus faciles par l'addition d'anhydride borique. Une autre méthode consiste à employer les nitro-anthraquinones 1 : 5 ou 1 : 8 ; dans ce cas, la réaction est favorisée par l'addition de sesqui-oxyde de soufre. Enfin, on peut aussi oxyder les amido-anthraquinones par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique.

Tous ces dérivés polyhydroxylés ne sont pas employés comme matières colorantes dans le vrai sens du mot, puisque ce sont les laques qu'ils forment avec les oxydes métalliques qui, seules, présentent de l'intérêt au point de vue tinctorial. On a trouvé depuis que certains dérivés sulfonés, possédant à la fois des groupes OH et des groupes amidés, substitués ou non, sont susceptibles de teindre la laine en bain acide sans l'emploi de mordants métalliques. Ces colorants possèdent, de plus, des nuances très pures, comparables à celles des colorants du triphénylméthane, mais en diffèrent cependant par une solidité à la lumière infiniment supérieure.

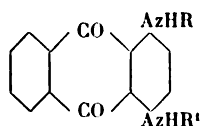
Ces nouvelles matières colorantes s'obtiennent

en nitrant, sulfonant et réduisant les dioxy-anthraquinones 1 : 5 ou 1 : 8, c'est-à-dire l'anthrarufine ou la chrysazine. Ainsi :



La chrysazine donne une matière colorante également intéressante, isomère de celle-ci. On peut aussi arriver directement à ces produits en réduisant les dérivés nitrés par les sulfites ou les bisulfites alcalins; la réduction est alors accompagnée de l'introduction des groupes sulfoniques.

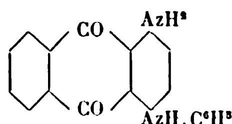
Enfin, depuis peu seulement, on s'est aperçu que l'introduction de groupes hydroxyles, qui jusque-là constituait le but unique des recherches entreprises dans cette série, n'est pas la seule voie qui conduit à des colorants de valeur. La présence de ces hydroxyles n'est pas une condition nécessaire; des dérivés de la forme :



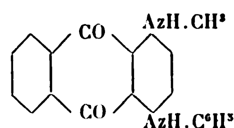
ne renfermant que des groupements amidés plus ou moins substitués, constituent, lorsqu'ils sont rendus solubles par sulfonation, des colorants pour laine très importants. Ils s'obtiennent facilement en chauffant les dérivés de l'anthraquinone, substitués en α par rapport au carbonyle, avec des amines aromatiques. Dans cette réaction, les groupes substituants (Cl, Br, OH, AzO^2, etc.) sont éliminés et remplacés par les restes des amines. La matière colorante type est le vert de quinizarine, qui s'obtient en chauffant un dérivé substitué 1 : 4 avec l'aniline ou la toluidine.

Il est évident qu'avec des dérivés 1 : 5 ou 1 : 8 on aura des isomères. De plus, il est possible, en chauffant modérément, de remplacer un seul de ces groupes par le radical AzHR, de sorte qu'il y a une foule de combinaisons possibles donnant des colorants de nuances diverses.

On a remarqué que les amines grasses, la diméthyl ou la monométhyl-amine, peuvent également être employées pour cette réaction, et alors on obtient des effets tout à fait inattendus. Ainsi l'introduction d'un reste $AzHCH^3$ modifie les nuances d'une manière considérable. Par exemple, le composé :



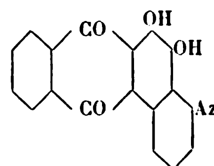
est *violet*. Le suivant :



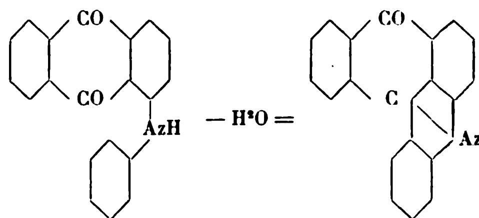
est *bleu-vert* très pur.

Cette dernière découverte est toute récente; le brevet date du mois d'octobre 1902.

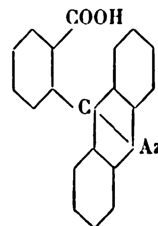
Mais là ne se borne pas tout ce qui peut être fait avec l'anthraquinone et ses dérivés. Il y a déjà bien longtemps, M. Prudhomme, en chauffant la nitro-alizarine avec la glycérine et l'acide sulfurique, a obtenu le *bleu d'anthracène*, qui est un dérivé à la fois de la quinoléine et de l'anthracène :



La maison Bayer et Cie a breveté récemment des produits possédant à la fois le chromophore de l'anthraquinone et celui des acridines, qui s'obtiennent en traitant les mono ou les dialphyl-amidoanthraquinones par les déshydratants :



Cette formule de constitution est démontrée par une synthèse de MM. Gattermann et Dammann[1]. En condensant l'anhydride phtalique avec la diphénylamine, Bernthsen a obtenu l'acide acridylbenzoïque :



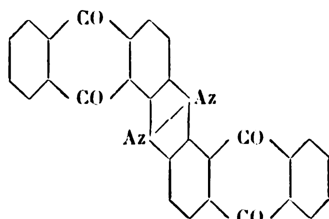
Il suffirait de provoquer l'anhydrisation du groupe carboxyle avec l'hydrogène qui lui est voisin pour obtenir le dérivé anthracénique; mais cette condensation ne se fait que très mal. Au contraire, si l'on prépare le chlorure de l'acide, il suffit de le chauffer avec du chlorure d'aluminium pour lui enlever HCl en formant le noyau anthraquinonique. Les produits ainsi préparés sont identiques à ceux du

[1] *Zeitschrif f. Farben et Textil Chemie*, 1903.

brevet Bayer, ce qui démontre la constitution qui leur est attribuée.

Enfin, une matière colorante appartenant au groupe anthracénique, et qui a attiré l'attention de tous par les nuances très vives et très résistantes qu'elle fournit, c'est l'*indanthrène* de la Badische Anilin und Soda Fabrik. L'indanthrène s'obtient en fondant la β-amido-anthraquinone avec les alcalis caustiques. Il teint le coton en bleu superbe très pur et très résistant. Cette propriété était complètement inattendue, car, en général, les matières colorantes anthracéniques n'ont aucune affinité pour le coton. L'indanthrène en est le premier exemple. Quoique ce composé se présente sous forme très bien cristallisée, en belles aiguilles bleues répondant à la formule brute $C^{28}H^{14}Az^{2}O^{4}$, sa constitution nous est complètement inconnue.

On a donné une formule de constitution qui en fait une azine :



D'après les recherches les plus récentes de la Badische Anilin und Soda Fabrik, il se forme dans la préparation de l'indanthrène deux produits différents, que l'on peut obtenir isolément à volonté en modifiant les conditions d'expérience. Enfin, l'oxydation de l'indanthrène donne une matière colorante jaune très solide également, désignée sous le nom de *flavanthrène*, et dont la constitution n'est pas encore connue. L'étude scientifique de ces produits vient d'être commencée par M. Kaufler[1] et par M. Bohn[2] qui ont entrepris d'en déterminer la constitution.

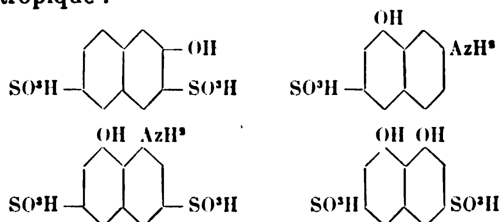
III. — Colorants azoïques.

Les matières colorantes que nous venons d'examiner possèdent des nuances très belles et très vives, et sont les unes très solides aux agents chimiques, les autres solides à la lumière. Mais, si nous récapitulons, nous voyons que nous n'avons encore trouvé jusqu'ici que des jaunes, des verts, des rouges, des violets, des bleus. Cependant, les matières colorantes dont l'usage est le plus fréquent sont celles dont les nuances sont plus sombres, comme les noirs, les bruns, les bleus foncés.

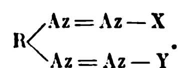
Nous allons les rencontrer dans deux classes, dont les représentants sont extrêmement nombreux : les azoïques et les matières colorantes sulfurées.

Les *azoïques* ont été découverts par Caro et Griess en 1867; ils s'obtiennent d'une manière générale en faisant agir l'acide nitreux sur une amine en milieu acide, et en combinant le diazoïque formé à une amine ou un phénol ou leurs dérivés. Ce sont des corps très colorés, et leur nuance varie suivant l'amine dont on est parti, et suivant le composé auquel le diazoïque a été combiné. On voit immédiatement que le nombre des combinaisons possibles est très grand, et le problème revient tout simplement à préparer des bases aminées nouvelles, à les diazoter et les combiner aux amines et aux phénols les plus variés.

C'est surtout dans les dérivés du naphtalène, où les isoméries sont nombreuses, que l'on a cherché ces seconds composants pour diazoïques. On en a préparé un nombre considérable, mais ceux qui présentent le plus d'intérêt sont les acides naphtoldisulfoniques R, les acides amidonaphtolsulfonique G, amidonaphtoldisulfonique H, dioxynaphtalènedisulfonique 1 : 8 : 3 : 6 ou acide chromotropique :



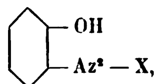
Enfin, les colorants azoïques qui renferment dans leur molécule un groupe AzH^2 sont susceptibles de se laisser diazoter eux-mêmes, et se comportent alors comme un diazoïque simple. On peut ainsi introduire théoriquement un nombre infini de groupes — Az = Az — dans une molécule. Plus on introduit de groupes chromophores Az = Az, plus en général la nuance se fonce; mais on s'arrête généralement quand il y en a quatre ou cinq, car plus la molécule devient lourde, plus la diazotation se fait lentement. Il arrive un moment où elle nécessite vingt-quatre et même quarante-huit heures; il en est, d'ailleurs, de même pour la combinaison du diazoïque une fois formé avec le second composant. Si, dans la réaction de Griess, on remplace une monamine par une paradiamine, on a, au lieu d'un diazoïque, un *tétrazoïque*, lequel est susceptible de se combiner à deux molécules d'amine ou de phénol, que ces deux molécules soient identiques ou différentes, en donnant un composé du type :



[1] *D. chem. g.*, t. XXXVI, 939.
[2] *Ibid.* t. XXXVI, 1258.

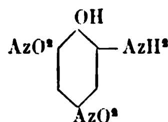
On voit, par conséquent, l'extraordinaire variété de dérivés que l'on peut obtenir. Pour la clarté de l'exposé, je diviserai les azoïques en *azoïques pour laine* et *azoïques pour coton*.

1. *Azoïques pour laine*. — Toute matière colorante azoïque soluble est un colorant qui teint la laine directement. Mais, en général, ces teintures ne résistent que mal aux lavages répétés; aussi a-t-on eu l'idée, depuis longtemps déjà, de préparer des azoïques susceptibles de se combiner à des oxydes métalliques pour former des laques analogues à celles des colorants de l'alizarine. Tous les azoïques renfermant dans leur molécule le reste salicylique, c'est-à-dire un groupe OH et un groupe CO^2H en ortho, sont des azoïques pour mordants et, par suite, assez solides. On savait aussi que certains colorants possédant un groupe OH en ortho par rapport au chromophore — Az = Az — réagissent, lorsqu'ils sont fixés sur la fibre, avec les sels de cuivre ou de chrôme en donnant des nuances plus foncées et plus résistantes au lavage. Ces colorants sont ceux dérivés de l'acide chromotropique, par exemple, et ceux dérivés de l'ortho-amidophénol. Mais ces derniers, répondant à la formule générale



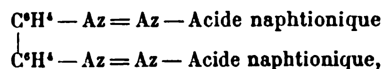
découverts par M. Erdmann[1], ne présentent pas beaucoup d'intérêt par suite de leur faible intensité de coloration. Aussi le brevet a-t-il été abandonné au bout de très peu de temps.

Récemment, cette question a été reprise par diverses fabriques, qui ont fait la remarque inattendue suivante : en introduisant dans la molécule de l'ortho-amidophénol un groupe acide tel que AzO^2, Cl, SO^3H, etc., plus particulièrement en ortho ou en para par rapport à l'hydroxyle, on arrive à des matières colorantes d'une intensité de beaucoup supérieure et qui, avec les sels de chrome ou de cuivre, donnent des noirs très nourris, d'une solidité comparable à celle des colorants anthracéniques. On a, pour cette raison, préparé divers ortho-amidophénols sulfoniques, nitrés, chlorés, nitrosulfoniques, etc.; mais une matière première qui remplit également toutes ces conditions, c'est l'acide picramique, dont le prix peu élevé en fait un produit très précieux :



2. *Azoïques pour coton*. — Tous les colorants que nous venons d'examiner jusqu'ici teignent les fibres animales sans l'emploi de mordants ; mais, si l'on veut les employer pour teindre le coton, on s'aperçoit qu'ils n'ont aucune affinité pour cette fibre. Pour colorer le coton, on est obligé au préalable de le *mordancer*. On y arrive en fixant mécaniquement, soit des oxydes métalliques, soit du tannin.

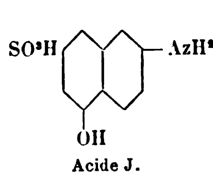
En 1884, Bœttiger trouva que les azoïques dérivés de la benzidine, comme par exemple le rouge Congo:



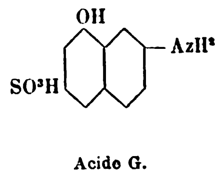
teignent le coton directement sans qu'il soit nécessaire de lui faire subir la moindre préparation préalable. Cette découverte révolutionna complètement l'art de la teinture des fibres végétales et la simplifia considérablement. Aussi, de toutes parts, essaya-t-on de généraliser cette découverte, et on trouva bientôt que la benzidine n'est pas la seule base capable de fournir des *colorants directs* ou *substantifs*.

La tolidine, la dianisidine, la paraphénylènediamine, l'acide diamidostilbène-disulfonique sont dans le même cas.

Aussi on a supposé pendant très longtemps que la substantivité est intimement liée à la constitution spéciale des paradiamines, et que les paradiamines seules sont susceptibles de fournir des colorants directs. On a montré, depuis, que cette généralisation était prématurée, et que le fait de partir d'une diamine comme base n'est pas une condition suffisante pour obtenir des couleurs substantives; bien plus, cette condition n'est même pas nécessaire dans certains cas; il suffit de choisir convenablement le second composant. On a ainsi réussi à préparer des monoazoïques jouissant d'une grande affinité pour le coton, en combinant les diazonaphtalènes à des composants spéciaux dérivant d'un nouvel acide amido-naphtolsulfonique (2 : 5 : 7). Cet acide est un isomère de l'acide amidonaphtolsulfonique G (2 : 8 : 6). On l'a désigné par la lettre J.



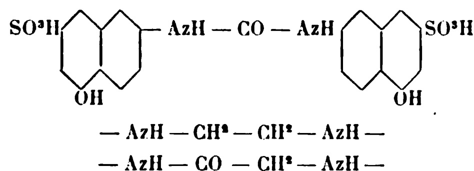
Acide J.



Acide G.

Il conserve toutes ses propriétés lorsqu'on y introduit des substitutions dans le groupe AzH^2, c'est-à-dire qu'on l'acétyle, le benzoyle, l'éthyle, le phényle. Les Farbenfabriken Bayer ont même démontré qu'en réunissant deux molécules pour en faire des dérivés de l'urée, de la thio-urée, de l'éthane, etc., on obtient des produits du type :

[1] ERDMANN et BORGMANN : DRP. 78.409 (1894).



qui, combinés à deux molécules d'un diazoïque de la naphtylamine, fournissent des colorants directs brillants et solides. Tous les colorants directs, de même que les azoïques pour laine, résistent mal au lavage. Pour avoir des teintures plus solides, on a proposé depuis longtemps déjà de produire la combinaison du diazoïque avec le second composant sur la fibre même. C'est ainsi qu'on utilise de plus en plus le rouge de paranitraniline, l'orangé de toluidine, etc. Grâce à la résistance de ces teintures au lavage, elles sont très estimées (malgré la complication qui en résulte dans les manipulations).

Dans cette catégorie des colorants produits directement sur la fibre, il faut citer le *noir d'aniline*. Celui-ci s'obtient par oxydation de l'aniline sur la fibre; c'est un noir superbe, extrêmement solide, et son emploi est considérable. Cependant, l'obtention d'un bon noir d'oxydation nécessite de grands soins et une grande attention, sans quoi il se produit des accidents qui détériorent la fibre et la rendent absolument impropre à tout usage. Pour cette raison, le noir d'aniline tend à être remplacé dans beaucoup de cas par des colorants directs dont la plupart sont de découverte toute récente. Ce sont les colorants sulfurés.

IV. — Colorants sulfurés.

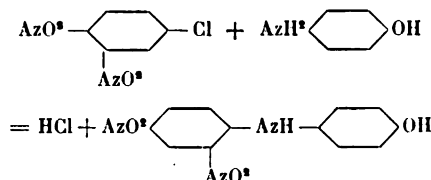
Croissant et Bretonnière, en 1873, en fondant la sciure de bois ou du son avec du sulfure de sodium, obtinrent un produit brun présentant la propriété de teindre le coton sans mordant en un brun très solide : c'est le *cachou de Laval*.

Pendant longtemps, on n'a tiré aucun profit de cette découverte, peut-être parce que cette méthode ne présente rien de bien scientifique. Cependant, en 1893, c'est-à-dire vingt ans après seulement, H. Raymond Vidal prépara une matière colorante noire en faisant réagir du soufre et du sulfure de sodium sur l'hydroquinone en présence d'ammoniaque sous pression. Le résultat est du même ordre quand on remplace l'hydroquinone par la para-phénylènediamine et le para-amidophénol.

Il se forme dans ces réactions un produit sulfuré assez mal défini, connu sous le nom commercial de noir Vidal et exploité par la Société de Saint-Denis. Ce produit, ainsi que la plupart des colorants sulfurés, n'est soluble dans les alcalis qu'en présence de sulfure de sodium ou de réducteurs. Dans ces conditions, les fibres végétales sont teintes en un gris-bleu ou vert plus ou moins sale, devenant noir intense par suite d'une exposition à l'air ou par un passage en bain oxydant.

La préparation si simple de noirs directs très solides et ne nécessitant pas de manipulations compliquées pour leur application sur la fibre, ne tarda pas à attirer l'attention des chimistes coloristes, car depuis longtemps la question d'un noir direct susceptible de concourir avec le noir d'aniline s'était posée. Aussi, à partir de 1895, voyons-nous surgir de tous côtés des brevets relatifs à cette classe de colorants, et, actuellement encore, l'activité des fabriques de matières colorantes est presque uniquement tournée de ce côté.

En 1898, la maison Cassella lançait son *noir immédiat*, dont le succès fut considérable grâce à son intensité et à son reflet bleuâtre ressemblant à celui du noir d'aniline. Il s'obtient en fondant avec le soufre et les sulfures alcalins la para-oxydinitrodiphénylamine, obtenue en condensant le dinitrochlorobenzène avec le para-amidophénol :



Depuis cette époque, un grand nombre de noirs, de bruns, de bleus, de violets, de verts sulfurés ont été décrits, et beaucoup d'entre eux ont reçu une application qui prend de plus en plus d'extension. Ce sont les colorants « Éclipse » de Geigy et Cie, les couleurs « Katigène » de Bayer, la série des noirs et bruns « Kryogène » de la Badische Anilin und Soda-Fabrik, les « Pyrogènes » de la Société pour l'industrie chimique de Bâle, les « Thiogènes » de la maison Meister Lucius et Brüning, etc.

Il est évidemment impossible de connaître exactement les constituants et les procédés de préparation de chacun de ces composés; nous ne saurions en donner qu'un résumé très incomplet. Il semble, en considérant les brevets d'une manière générale, que tous les colorants sulfurés ont pour base les dérivés de la diphénylamine. Ceux-ci s'obtiennent de plusieurs manières, soit :

1° En réduisant les indamines ou les indophénols;

2° En condensant les amines avec les dérivés du chloronitrobenzène;

3° En chauffant, dans certaines conditions, une paradiamine seule ou avec un para-amidophénol.

D'autre part, pour introduire du soufre dans ces molécules, on dispose également de trois procédés, qui sont :

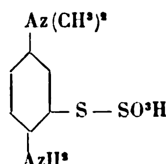
1° La fusion avec le soufre et les sulfures, ou l'ébullition avec les polysulfures alcalins en milieu aqueux ou alcoolique;

2° Le traitement par le chlorure de soufre;

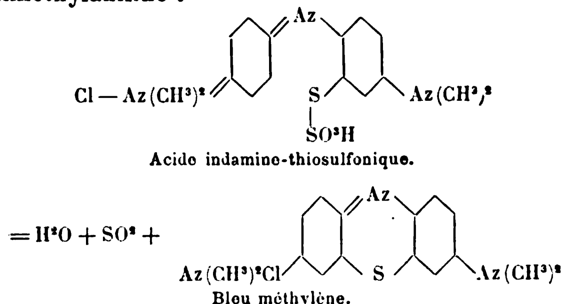
3° L'oxydation en présence d'hyposulfite de sodium.

Le premier procédé est le plus général; mais, quoique un peu brutal et peu scientifique, c'est lui qui, jusqu'ici, semble donner les meilleurs résultats pratiques. Le second n'est pas suffisant à lui seul, car les produits ainsi formés ne possèdent pas l'intensité de coloration nécessaire, et doivent à leur tour être soumis à la fusion avec le soufre et les sulfures. Quant au troisième procédé, dû à MM. Green et Meyenberg, de la Clayton Aniline C°, c'est certainement lui qui est le plus scientifique et qui est appelé à rendre le plus de services pour l'élucidation de la constitution des matières colorantes sulfurées.

Voici, en principe, en quoi il consiste. On sait depuis longtemps, grâce aux beaux travaux de M. Bernthsen, qu'en oxydant une paradiamine en présence d'hyposulfite, de sodium il se fait un acide thiosulfonique, dont la formule sera, dans le cas de la diméthyl-paraphénylène-diamine :



En soumettant à l'oxydation un mélange équimoléculaire de cet acide et d'une amine secondaire ou tertiaire ayant sa position para libre, on obtient un acide indamine-thiosulfonique, suceptible de perdre de l'acide sulfureux quand on le fait bouillir avec un acide pour donner une *thiazine :* le bleu méthylène, par exemple, si l'amine était de la diméthylaniline :



Acide indamine-thiosulfonique.

Bleu méthylène.

Si, au contraire, on soumet à l'oxydation une paradiamine, ou un paraamidophénol en présence d'un excès d'hyposulfite, on arrive à des acides di et polythiosulfoniques, dont certains sont des corps bien définis et bien cristallisés, et ces nouveaux acides, oxydés en présence d'une ou plusieurs molécules d'amines, de phénols, d'amidophénols ou de diamines, fournissent des produits intermédiaires colorés. Ce sont vraisemblablement des polyindamines ou indophénols, qui, bouillis avec les acides, se transforment en composés insolubles dans les acides ou les alcalis, mais solubles dans le sulfure de sodium d'où ils teignent les fibres végétales en nuances bleues, brunes ou noires.

Il semblerait, d'après cette méthode de préparation, en tous points identique à celle du bleu méthylène, que les constitutions de ces deux classes de colorants dussent être voisines.

La seule différence, c'est que les colorants dits sulfurés renferment le noyau thiazinique deux ou plusieurs fois, tandis que, dans le bleu méthylène, il ne s'y trouve qu'une fois seulement.

Malheureusement, il manque jusqu'ici ce qui constitue le guide le plus sur dans la recherche de la constitution d'un produit organique, c'est-à-dire l'analyse élémentaire de ces composés. Cela tient surtout à ce que tous ces dérivés sulfurés sont des poudres amorphes que l'on n'a pas pu encore isoler à l'état cristallisé et qui renferment probablement des impuretés en grand nombre.

Quoiqu'il en soit, la solidité remarquable commune à tous ces colorants sulfurés permet de leur prédire un très grand avenir, et il faut espérer que le côté purement scientifique de la question ne restera pas éternellement négligé.

V. — Conclusions.

On sait que l'industrie des matières colorantes n'a pas pour but unique la recherche de produits nouveaux; son audace est plus grande et elle ne recule pas devant le problème de la synthèse des colorants naturels lorsque ceux-ci présentent un certain intérêt. C'est ainsi que, depuis bien longtemps, on ne cultive plus la garance, mais on fabrique synthétiquement l'alizarine, qui en est le constituant coloré. Depuis peu d'années, on fabrique aussi l'indigo artificiel, mais nous ne saurions mieux faire que de renvoyer le lecteur à la belle conférence faite par M. Haller sur ce sujet et où se trouvent décrites les méthodes de préparation les plus récentes et les plus pratiques[1].

Cet exposé, sommaire et forcément incomplet, des récentes découvertes effectuées dans cette branche de la Chimie organique appliquée suffit à montrer le rôle capital qu'ont joué la science pure et la notion de la constitution chimique dans le développement de cette industrie. Et, reprenant la parole de M. Caro qui en fut l'un des fondateurs, nous dirons « que l'on peut comparer une usine de matières colorantes à un vaste atelier de construc-

[1] Voir la *Revue* des 15 et 30 avril 1901, t. XII, p. 255 et 323.

tions mécaniques, où l'on forge des chaînons d'atomes et où l'on bâtit des édifices moléculaires dans lesquels, après une série de transformations simples, chaque atome vient occuper la place que la théorie lui a assignée d'avance ».

Il paraît singulier à quelques esprits qu'une théorie scientifique puisse donner lieu à des interprétations aussi poétiques. Certains, effrayés sans doute par les noms et les formules compliqués que l'on rencontre dans la chimie des composés du carbone, n'y voient volontiers qu'un passe-temps agréable, mais avant tout stérile. Il est cependant incontestable que la théorie de la constitution des corps organiques, conséquence directe de la doctrine atomique, a seule permis cet essor merveilleux de l'industrie des colorants et des parfums synthétiques. La théorie et les hypothèses qu'elle comporte peuvent changer ou disparaître; les faits qu'elles nous ont aidé à découvrir n'en subsisteront pas moins, et les résultats pratiques que nous venons de passer en revue constituent une justification suffisante de leur importance et de leur utilité[1].

A. Wahl,
Docteur ès sciences.
Préparateur de Chimie à la Sorbonne.

LES MACHINES AGRICOLES ET L'ÉLECTRICITÉ

Dans une exploitation agricole, il est utile d'avoir sans cesse à sa disposition une force motrice à la fois très divisible, très transportable et constamment prête à servir. Rien ne répond mieux à ce besoin que les moteurs électriques transportables, c'est-à-dire établis sur véhicules ou sur base de planches. Ils ont, sur les machines à vapeur, l'avantage de ne pas nécessiter la présence constante d'un surveillant ni d'un mécanicien spécialiste, de pouvoir se mettre immédiatement en marche, alors qu'il faut une heure à une heure et demie à une machine à vapeur, et de se transporter sans peine auprès de chacune des machines que l'on veut faire fonctionner. L'exploitation agricole s'accommode, en outre, de moteurs de petits formats, peu coûteux et de grand rendement. D'autre part, puisque les différentes machines ne s'emploient guère simultanément, un seul moteur suffit à les actionner; mais ce moteur devra toujours être facilement transportable et susceptible de se raccorder sans peine à la conduite principale. En tout cas, il ne peut que rarement être fixe, car ce serait lui faire perdre la plupart de ses avantages. Il est, en effet, évident que les frais d'installation seront moins élevés avec le moteur mobile, puisque son travail sera utilisé d'une façon complète, sans perte en transmissions et engrenages. On comprend, en outre, sans peine qu'un moteur petit et léger se transporte plus facilement auprès de la machine qu'on veut actionner qu'une lourde locomobile. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'il peut y avoir bénéfice à faire usage d'un moteur fixe, et cela quand il est spécialement appelé à faire fonctionner une machine travaillant presque sans interruption.

I. — Economie de la force motrice électrique.

M. le Dr Oldenbourg, afin de se rendre compte exactement de la supériorité du travail de la force motrice électrique sur le travail produit par l'homme et les animaux, a comparé les résultats obtenus en faisant fonctionner d'abord à la main, ensuite à l'électricité une machine à battre le blé.

Voici le tableau qu'il a dressé :

A la main.

4 hommes à 2 fr. 50 et nourriture 1 fr. 25.	15 fr. »
6 — à 1 fr. 50 — 1 fr. 25.	16 fr. 50
	31 fr. 50

En neuf heures, on battit 25 quintaux d'avoine, ce qui revient à 1 fr. 25 le quintal.

A l'électricité.

2 hommes à 2 fr. 50 et nourriture 1 fr. 25.	7 fr. 50
2 — à 1 fr. 50 — 1 fr. 25.	5 fr. 50
	13 fr. »
Amortissement à l'heure 0 fr. 75 =	8 fr. 40
	21 fr. 40

En neuf heures, on battit 40 quintaux d'avoine, ce qui donne comme frais 54 centimes par quintal.

L'économie est donc de 71 centimes par quintal.

Dans une ferme danoise, on a constaté une grande économie en remplaçant, pour le battage du blé, les chevaux par un électro-moteur. Pour actionner la machine à battre le blé, il fallait auparavant 6 chevaux changés quatre fois par jour, et cela pour travailler à 300 tours à la minute. Outre le coût élevé, cette façon de faire avait le défaut d'occasionner des pertes de temps considérables; d'autre part, la force produite manquait de régularité. Avec l'électro-moteur, la machine travaille à 1.000 tours à la minute, la transmission étant toujours égale, ininterrompue et rapide. Dans cette ferme, le courant alimente de plus deux lampes à incandescence éclairant la grange. Un moteur à pétrole

[1] Conférence faite au laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne sous les auspices de M. le Professeur Haller.

de 6 chevaux actionne la dynamo, qui est distante de 200 mètres du moteur. Ce dernier est placé près de la batteuse et se trouve protégé contre la poussière et l'humidité par une boîte de bois. Par l'ancien système, 6 chevaux battaient par heure 4,28 tonnes; avec le nouveau, on en bat 5,66.

Malgré les qualités économiques que l'emploi de l'électricité a pour les exploitations agricoles, les fermes électriques sont très clairsemées. Nous dirons un mot de la façon dont on tire parti de l'électricité dans quelques-unes de ces fermes-modèles.

II. — Premières installations électriques dans les fermes-modèles.

L'une des premières établies est celle de Ugarte Lowatelli (Moravie), dont l'installation fut faite vers 1894 par la maison Ganz et Cie.

L'établissement comprend une station centrale, qui sert en même temps à une usine pour le travail du bois. Le courant électrique est fourni par une génératrice à courant continu, donnant 35 ampères sous 620 volts. Elle est conduite par une machine à vapeur de 36 chevaux et pourvue d'un régulateur automatique de tension, type Blathy, qui fonctionne simultanément avec le régulateur de la machine et maintient le potentiel de la machine constant.

De la station centrale partent deux circuits d'une longueur totale de 40 kilomètres. L'un sert à la fois pour un moulin à farine, quand l'eau est insuffisante à l'actionner, pour une ferme ou pour une laiterie, où l'électricité commande un moteur de dix chevaux, pour une pompe centrifuge et pour quelques autres machines.

L'autre dessert deux fermes, où le courant fait fonctionner un moteur de 10 chevaux placé sur truc mobile construit de manière à protéger le moteur contre la pluie et la poussière; ce moteur donne le mouvement à une machine à battre le blé, à des pompes, à des hache-paille, etc.

Les circuits sont constitués par des fils de cuivre de 5 millimètres supportés par des isolateurs de verre et contournant les terres. On amène le courant au moteur par un câble flexible, pourvu de joints pour établir la communication avec les fils, et de manchons de caoutchouc pour empêcher les courts-circuits. La laiterie et le moulin consomment 8 ampères chacun; la machine à battre le blé, 10 à 16.

Outre les autres circuits, les poteaux soutiennent un circuit téléphonique reliant la station centrale aux sous-stations.

Après le battage du grain, certains moteurs actionnent les pompes d'irrigation, tandis qu'un autre sert pour une brasserie-distillerie.

L'installation que nous venons de décrire est très économique, car, outre les avantages généraux des moteurs, elle possède celui d'avoir la génératrice dans une usine pour le travail du bois et de pouvoir utiliser, pour une partie du combustible, les copeaux et les débris qui en proviennent.

Dans une autre ferme, celle de Crystall-Hill, près de Catasangua, l'électricité, depuis 1893, sert principalement à la préparation des ensilages pour la nourriture des bestiaux. L'emploi des chevaux et des machines à vapeur ayant été reconnu trop onéreux, on essaya l'électricité. L'installation comprend un circuit de 220 volts partant des lignes terminus de l'installation locale d'éclairage.

Ce circuit alimente d'abord un moteur de 5 chevaux destiné à actionner des barattes, des séparateurs, des laveurs de bouteilles et des ventilateurs; il dessert ensuite les appareils d'éclairage répartis dans la ferme et ses dépendances. Le courant actionne encore un moteur de 12 chevaux, remplaçant une machine à vapeur de 25 chevaux. Les frais d'ensilage ont été réduits ainsi, pour la nourriture de 75 vaches, de 7,50 à 4 francs par tonne. Enfin, le battage du blé, le sciage du bois et toute une série d'autres petits travaux se font également à l'électricité.

Le courant, on l'a vu, n'y est pas produit sur place, mais emprunté à une usine. Il en va à peu près de même dans la ferme d'Allentown, appartenant à M. J. Roth. Cette installation comprend un moteur électrique à courant continu de 15 chevaux. Le courant est pris à la ligne de trolley de la Compagnie de traction d'Allentown et Lehigh Valley, à raison de 8 cents (40 centimes) le kilowatt-heure. Le moteur actionne des machines pour le battage du grain, le hachage des fourrages, le nettoyage du blé, la nourriture, la manœuvre des pompes, le sciage du bois, etc. Le courant est, en outre, employé à l'éclairage de la grange. D'après M. J. Roth, les avantages qu'il retire de cette installation sont la diminution du coût, l'augmentation de la commodité et la sécurité plus grande.

Dans le domaine du comte Vittorio Asarta, à Praforiano, un moteur électrique actionne une turbine et d'autres appareils de laiterie. Un autre moteur est successivement utilisé pour mettre en mouvement une pompe à purin, une machine à couper les pommes de terre et diverses machines-outils logées dans l'atelier de réparations. Le soir, la dynamo éclaire le domaine et les rues du village.

L'installation comprend une roue hydraulique qui actionne une génératrice de 18 chevaux donnant 18 ampères sous 720 volts. La ligne, dont le développement total est de 3 kilomètres, consiste en un fil de cuivre de 4,5 millimètres de diamètre. Elle peut se diviser en deux parties : l'une, fixe, portée par

des poteaux et traversant le domaine dans toute son étendue, est pourvue vers le milieu d'une dérivation à angle droit; l'autre, mobile, souple, de 500 mètres de longueur, peut s'enrouler sur des bobines suivant les besoins. Cette ligne actionne un moteur électrique de 12 chevaux, placé sur un véhicule en fer à quatre roues et protégé par un petit toit.

Le même chariot porte les appareils mesureurs, interrupteurs, rhéostats, etc.

III. — Installations électriques agricoles de la Société Schuckert.

En Allemagne, diverses installations de fermes électriques modèles ont été réalisées. L'une d'elles a été faite par la Société Schuckert de Nuremberg.

L'appareillage comprend une machine Wolff de 16 chevaux, faisant tourner une dynamo à courant continu de 1,5 kilowatts, marchant à raison de 720 tours par minute. La tension du courant est de 110 volts et s'élève à 160 volts quand il faut charger une batterie d'accumulateurs composée de 60 éléments. Le courant est amené, par des conducteurs aériens, à deux lampes à arc placées dans la cour et à 4.220 lampes à incandescence dispersées dans les chambres; enfin, à divers moteurs. Un de ces moteurs actionne une pompe à eau pour les cas d'incendie; il prend son courant aux accumulateurs; il peut donc servir à tout moment. Un autre moteur, placé sur un véhicule, met en mouvement une machine à battre le blé, système Carrett-Smith. Un moteur de 9 chevaux est, en outre, établi dans les greniers pour y faire marcher les appareils à vanner et à nettoyer le grain. Un autre moteur, de 2 chevaux, peut actionner une presse et des machines à hacher le foin et à couper la paille. Enfin, l'installation possède un moteur de 3 chevaux, qui actionne une turbine dans la laiterie et un ventilateur dans la cuisine.

La Société Schuckert, outre plusieurs autres, a fait l'installation intéressante des domaines du comte Eckbrecht de Durckheim Montmartin (1892).

On y met à profit une chute d'eau distante de 3 kilom. 1/2. L'usine génératrice est pourvue d'une turbine de 35 chevaux qui actionne 3 dynamos. Parmi ces dernières, la moins puissante est consacrée à l'éclairage de la salle des machines et à celui de l'habitation du garde forestier. La seconde fournit l'énergie électrique au château et à une pompe électrique placée à 1 kilomètre de là.

La ligne a une longueur de 3 kilom. 1/2 et est constituée par des fils de cuivre nus supportés par des poteaux et des isolateurs de porcelaine. Deux des fils servent pour la transmission de l'énergie électrique; deux autres pour les appareils mesureurs établis dans la salle des machines; un autre pour le téléphone, un autre encore pour le parafoudre.

L'intensité maximum du courant est de 34 ampères, sous une tension qui peut atteindre 320 volts.

Dans une autre exploitation, l'installation d'arrivée à Frœschwiller, est établie une batterie de 120 accumulateurs Tudor, capables d'alimenter 220 lampes de 10 bougies durant 5 heures. De l'usine, l'énergie électrique est distribuée dans tout le domaine. Elle y actionne deux moteurs électriques de deux chevaux, lesquels commandent, outre une scie, une machine à battre le blé et une autre à couper la paille. Deux pompes, mises en action chacune par un moteur électrique de 2 chevaux, servent à puiser l'eau potable dans des citernes et à l'élever jusqu'aux réservoirs placés à 60 mètres de hauteur. L'éclairage du château est assuré par un réseau à trois conducteurs. Ce réseau alimente 500 lampes à incandescence et 8 lampes à arc. Outre les appareils d'éclairage, le château est pourvu de divers appareils électriques destinés au chauffage des appartements, des fourneaux de cuisine, des fers à repasser, des tambours à torréfier le café et le thé, à la mise en action de ventilateurs, de machines à coudre, etc.

Dans la première installation agricole qui se soit faite en Autriche, l'énergie électrique est utilisée pour le labourage, pour l'alimentation de 300 lampes à incandescence et pour le fonctionnement d'une pompe et d'une machine agricole. Comme ces deux derniers appareils ne sont mis à contribution qu'à de longs intervalles, ils sont branchés sur le circuit de la lumière. Un circuit séparé est, par contre, attribué exclusivement au labourage. On ne dispose que d'une force hydraulique minime, fournie par une chute de 8 mètres donnant 500 litres par seconde. Pour mettre cette force à profit, on se sert d'une turbine de 40 chevaux faisant 275 révolutions par minute. Pour donner plus d'uniformité au moumement, on a monté un volant de 1.000 kilogs sur l'arbre de la turbine.

Deux installations sont reliées à la turbine, chacune d'elles comportant 2 machines électriques. La plus grande de ces installations se compose d'une dynamo triphasée de 2.100 volts et 65 kilowatts, et d'une autre à courant continu de 110 volts et 40 kilowatts. La petite installation, elle, se compose d'une dynamo triphasée de 2.100 volts et 10 kilowatts et d'une autre de 110 volts et 11 kilowatts.

A ces installations est, en outre, annexée une batterie de 60 accumulateurs, donnant 987 ampères-heure en sept heures. La machine triphasée de 65 kilowatts fournit le courant nécessaire au labou-

rage; celle de 10 kilowatts, celui que nécessite l'éclairage. Quand le courant sert au labourage, la dynamo triphasée de 65 kilowatts est jointe à la machine à courant continu de 40 kilowatts, et cette dernière est reliée à la batterie d'accumulateurs. Tant que toute l'énergie produite n'est pas consommée par le labourage, la batterie se charge au moyen de la machine à courant continu. Lorsqu'au contraire, le labourage réclame plus de force que la turbine ne peut en fournir, alors la batterie actionne la dynamo à courant continu. Celle-ci fonctionne alors comme moteur et assiste la turbine. Si, durant le labourage, il est besoin de courant pour la lumière, les machines plus petites sont mises en activité. Mais on a soin de les séparer de la turbine pour éviter les fluctuations de la lumière que produiraient les changements soudains d'intensité dans le courant employé au labourage. La machine à courant continu de 11 kilowatts est alors actionnée par la batterie, comme si c'était un moteur et, à son tour, elle met en mouvement la dynamo triphasée de 10 kilowatts, laquelle fournit le courant pour l'éclairage. Lorsque le labourage est terminé, et que les deux machines à courant continu sont actionnées par la turbine, la première donne le courant de l'éclairage, la seconde le courant destiné à charger la batterie.

IV. — Installations électriques agricoles de la Société Hélios.

Nous passerons à présent aux installations modèles effectuées par la Société Hélios, de Cologne, à Quednau et à Simmern.

La ferme de Quednau a été fondée récemment par le Dr Backhaus. Elle s'étend sur un espace de 18 hectares. Tout y a été prévu pour assurer un revenu maximum. Comme l'entreprise était relativement petite, une station centrale n'était pratique qu'à condition d'annexer à la ferme une exploitation d'un autre genre. On a choisi, dans ce but, une laiterie pouvant fournir 18.000 litres de lait par jour.



Fig. 1. — *Labourage électrique système Siemens et Halske.* — Un électromoteur placé sur un véhicule tire la charrue tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

C'est dans cette laiterie que la station centrale a été établie. Cette installation comprend deux parties bien distinctes : l'une pour la force motrice, l'autre pour l'éclairage.

Cette bipartition a été nécessitée par le fait que le travail des champs, par suite de l'éloignement de ces derniers, réclamait un courant de 550 volts, alors que l'éclairage n'en demandait que 220.

Pour la production de l'électricité, une machine à vapeur Wolff met en mouvement une transmission qui agit sur deux dynamos pouvant fonctionner séparément ou simultanément. L'une des

dynamos est à quatre pôles et donne 90 ampères sous 500 volts; le courant qu'elle fournit est destiné aux moteurs. L'autre dynamo est à deux pôles et donne, sous 220 volts, un courant de 30 ampères, ou bien, sous 320 volts, un courant de 18 ampères. Par suite de cette augmentation du voltage, elle peut servir à charger la batterie d'accumulateurs. Cette batterie, système Pollak, comprend 120 éléments et se charge pendant le jour. Elle convient à l'éclairage et à la mise en mouvement d'un petit moteur, aux heures où les génératrices sont arrêtées.

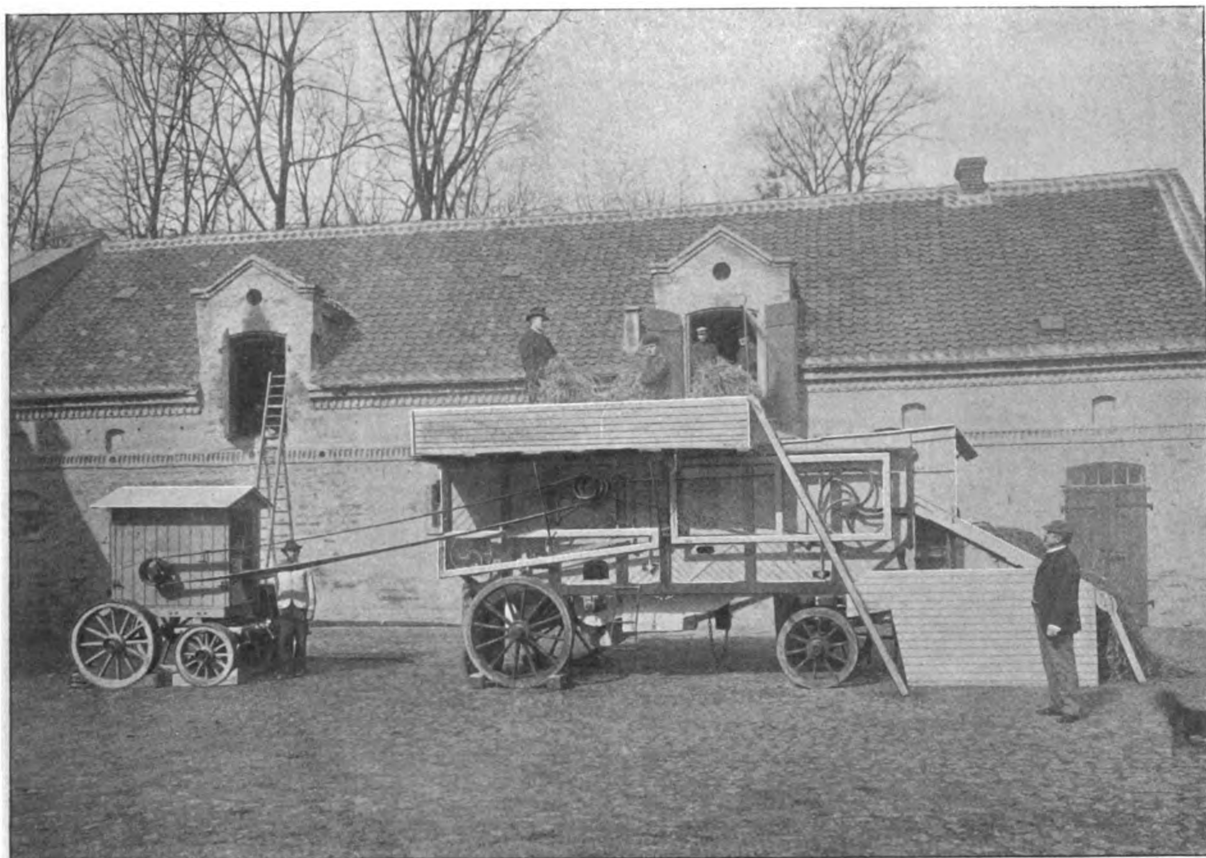


Fig. 2. — *Machine électrique à battre le blé du système Hélios.* — Le moteur électrique est monté sur une petite voiture et protégé de toutes parts.

Un tableau de distribution réunit les interrupteurs, ampèremètres, voltmètres, rhéostats et plombs fusibles. De ce tableau partent les conducteurs qui transportent le courant dans toutes les parties de l'exploitation. Dans les champs, ils sont portés par des mâts. L'éclairage est abondamment distribué dans toutes les parties de la ferme. Dans chacun des endroits sont placés des interrupteurs qui permettent d'allumer et d'éteindre à volonté. La cour est éclairée avec des lampes à arc, à contacts à clef. Enfin, le chauffage et la cuisine se font à l'électricité.

Quednau possède trois moteurs électriques. Un moteur fixe de 2,5 chevaux, établi dans l'étable, fait fonctionner des machines à couper la paille et à couper les carottes. Un grand moteur transportable de 15 chevaux est ordinairement placé dans le grenier. A l'aide d'une transmission, il fait marcher un moulin, une machine à concasser les gâteaux de lin, un autre moulin et une pompe. Comme ces machines ne doivent pas fonctionner tous les jours, le moteur est parfois disponible pour actionner, par exemple, une scie circulaire ou une machine à battre le blé. Le courant est fourni par un câble enroulé sur une bobine. Celle-ci est placée sur un véhicule rattaché au truc du moteur. La face antérieure du moteur porte les contacts et les rhéostats.

Le troisième moteur, également transportable, est placé dans le grenier au grain où il fait marcher un moulin. Quednau possède enfin une charrue électrique à deux moteurs. D'ici à quelque temps l'exploitation prouvera sans doute que, même dans des fermes de grandeur moyenne, l'emploi de l'électricité est une source de bénéfices considérables.

Voici maintenant un établissement où ce n'est

plus la vapeur, mais la force hydraulique qui a été mise à contribution pour produire le courant : c'est la ferme modèle de Simmern-Hunsrück, également créée par la Société Hélios. La force est fournie par la rivière Simmern et s'emploie à actionner les génératrices. Le débit minimum de la rivière étant suffisant pour donner le maximum de force requis, l'installation d'une machine à vapeur de réserve eut été superflue. D'autre part, les champs n'étant pas fort éloignés, une seule installation à courant continu était suffisante. La force hydraulique est captée au moyen d'une turbine Bêché. Cette turbine agit sur une dynamo Hélios de 11 kilowatts sous 110 volts. Cette génératrice alimente les conducteurs et la batterie d'accumulateurs (62 éléments) Gottfried Hagen. Cette batterie a une capacité de 60 à 95 ampères-heures si on la décharge en trois à dix heures, soit une force de décharge de 20-9,5 ampères. Les connexions sont toutefois établies de manière que tout le courant de la dynamo puisse passer dans les conducteurs et, au besoin, que celui de la batterie puisse encore s'y ajouter. Par contre, quand il n'est besoin que de peu de courant, la dynamo charge la batterie avec le surplus de sa production. Les moteurs ont été choisis petits, légers et très transportables pour qu'ils fussent en état de remplacer le plus de personnes possible.

Pour les grandes machines, on utilise un moteur Hélios disposé sur un véhicule et si bien abrité que la poulie en est seule visible. Avec 100 volts et 1.200 tours à la minute, ce moteur a une force de 10 chevaux. Il agit sur une transmission placée dans l'étable, laquelle actionne à son tour quatre petites machines qui, chacune en particulier, n'exigent pas beaucoup d'énergie, mais qui, toutes ensemble, absorbent la totalité de la force du moteur. L'emploi de ce grand moteur est préférable à celui des quatre petits : d'abord, parce que le rendement des petits moteurs est très inférieur à celui des grands, ensuite, parce qu'un grand moteur peut servir à actionner, en d'autres endroits, des machines plus considérables, telles que la machine à battre le blé qui, à elle seule, en réclame toute la force.

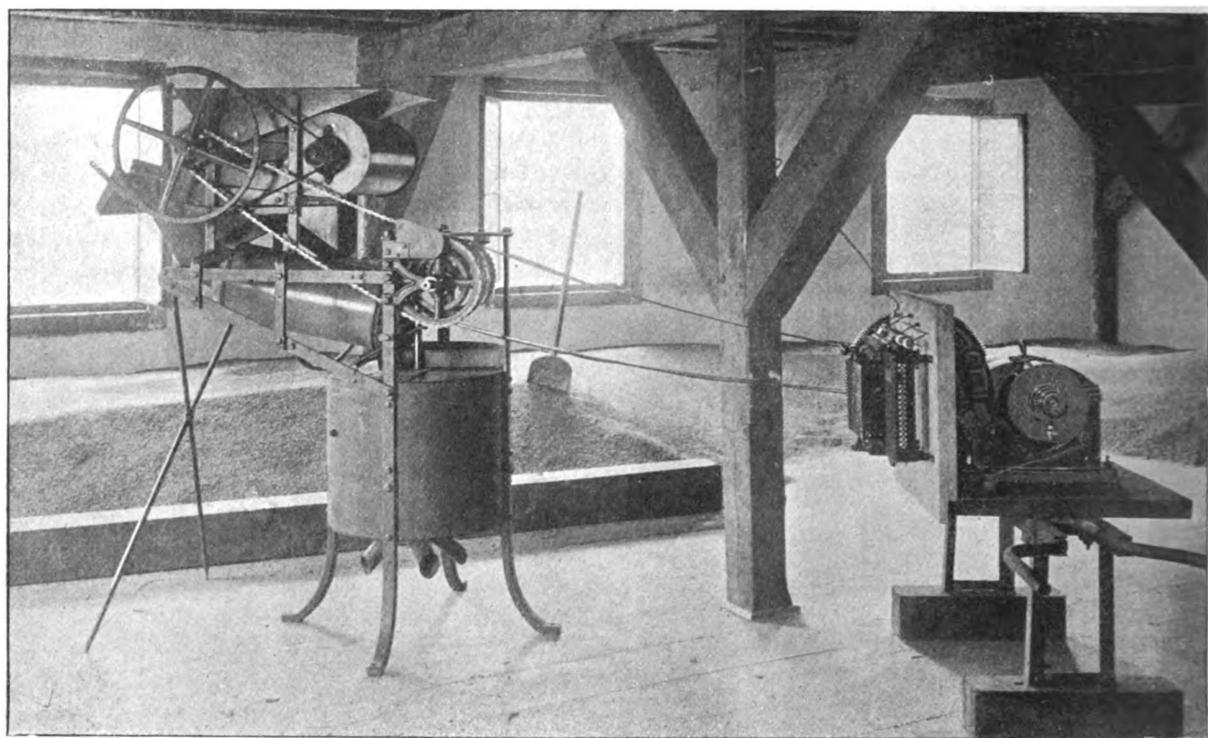


Fig. 3. — *Vanneuse électrique de la Société Hélios installée au domaine de Simmern.* — L'électromoteur est fixé sur planches et transportable

La transmission fait aussi fonctionner un coupe-carottes d'un débit de 650 kilogs à l'heure et une machine à concasser les gâteaux de lin capable d'un travail de 500 kilogs à l'heure. Elle fait marcher, d'autre part, à l'aide d'une courroie traversant le plafond, une machine à couper la paille qui peut découper 150 kilogs à l'heure. Enfin, elle actionne une pompe donnant à l'heure 10 mètres cubes d'eau, destinée à un abreuvoir automatique placé dans les écuries.

Il est à remarquer, toutefois, que, si l'on veut

employer à des heures différentes un même moteur pour plusieurs machines, il est indispensable de répartir habilement les travaux à exécuter. Si l'on veut, par exemple, faire marcher la machine à battre le blé, les autres machines devront au préalable avoir terminé leur besogne. Cela ne présente pas d'inconvénient puisque ces machines fournissent en quelques heures ce qui est nécessaire pour plusieurs jours. Une poulie fixe et une poulie folle permettent ou bien de faire travailler une seule des quatre machines, ou bien d'en arrêter une ou plusieurs. Une manivelle fait passer la courroie de la poulie folle à la poulie fixe et vice-versa.

La machine à battre le blé, dont nous avons déjà parlé, absorbe seule toute la force du moteur. Elle est mise en mouvement à l'aide d'une longue courroie. On peut donc laisser autour de la machine la place nécessaire pour effectuer le travail sans difficulté. Cette machine bat 900 kilogs de blé à l'heure.

Pour les machines placées à l'étage, on se sert à Simmerm d'un petit moteur transportable à bras d'homme. Sa force est de 3/4 de cheval; il ne peut desservir qu'une seule machine à la fois. Ce moteur actionne dans le grenier une vanneuse mécanique (fig. 3) et sert, dans la laiterie, pour les écrémeuses.

V. — Autres applications de l'électricité aux machines agricoles.

Outre les machines agricoles que nous avons vu employer dans les fermes, il en est encore quelques autres où les moteurs ont trouvé une application heureuse. Nous allons dire un mot de celles qui nous paraissent les plus ingénieuses.

En Algérie, le courant électrique a été appliqué pour actionner une espèce de cuiller servant à recueillir les grappes de raisin déposées à terre et à les porter aux pressoirs.

La maison Schuckert a même installé dans le domaine du comte Eckbrecht de Durckheim Montmartin, à Fröschwiller, une scie horizontale des plus intéressantes. Le moteur, placé sur un chariot, commande un système d'engrenages qui actionne un arbre. Celui-ci, au moyen d'un levier, fait à son tour mouvoir la scie.

La maison Ganz a construit une machine à abattre les arbres (fig. 4) qui est en usage dans les forêts de Galicie et des États-Unis. Cette machine se compose d'un moteur électrique porté par un chariot à deux roues. La poulie du moteur *a* actionne, au moyen d'une courroie *c*, une foreuse *b* placée à la partie inférieure de l'appareil. Des leviers appropriés permettent de déplacer, soit le moteur, soit la foreuse. Le fonctionnement de la machine est simple : on applique tout d'abord l'appareil contre l'arbre, puis on met le moteur en mouvement et on déplace la foreuse. La mèche *b*, décrivant un arc de cercle, fait une saignée dans le bois. On avance progressivement jusqu'à ce que la saignée atteigne la moitié de l'arbre. On place

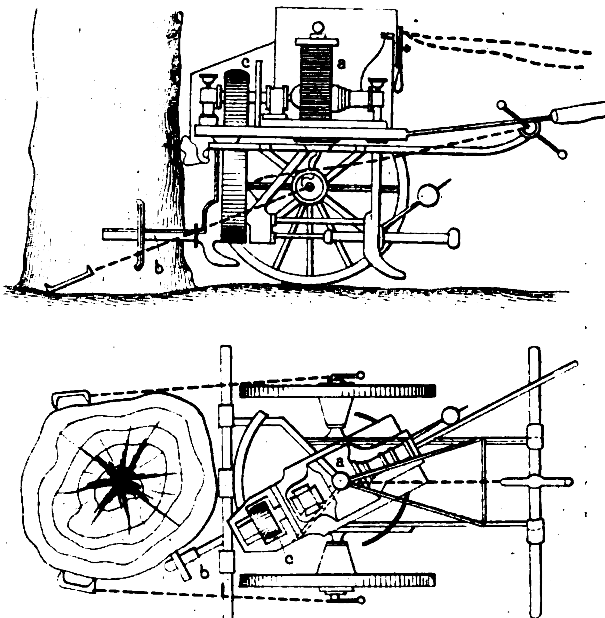


Fig. 4. — *Plan et élévation d'une machine électrique à abattre les arbres.* — *a*, moteur; *b*, mèche; *c*, courroie.

alors des cales dans la fente et l'on reprend le travail de l'autre côté de l'arbre. L'abatage est terminé à la hache ou à la scie. Il se fait avec beaucoup de promptitude et une grande économie de main-d'œuvre.

Les moteurs trouvent donc leur emploi dans toutes les parties d'une exploitation agricole. Partout, ils procurent de sérieux bénéfices par leur rapidité, leur facilité d'emploi et l'économie de main-d'œuvre qu'ils permettent de réaliser. Sous tous les rapports, ils sont à conseiller, autant pour les avantages que nous avons cités que pour la sécurité qu'ils garantissent.

E. Guarini.

LE SANATORIUM, LA POLYCLINIQUE ET L'HOPITAL DANS LA LUTTE CONTRE LA TUBERCULOSE

En rendant compte de la dernière Réunion du Bureau international de la Tuberculose [1], nous avons signalé à nos lecteurs le très remarquable discours prononcé à cette occasion par M. le Professeur Brouardel. Ce discours, avons-nous dit, était à la fois un exposé et un programme de la lutte antituberculeuse en France. Et, de fait, c'est sous le titre de : Plan de campagne de la lutte contre la tuberculose, qu'il a été publié *in extenso* dans la *Lutte antituberculeuse*. En le lisant, on a très nettement l'impression qu'il était destiné à rétablir l'unité d'action, fortement compromise ces temps derniers par une campagne contre le sanatorium. Du moins, on pouvait l'espérer. Or il n'en a rien été, et, au Congrès international d'Hygiène, tenu au mois de septembre dernier à Bruxelles, le désaccord s'accentua encore davantage.

Nous allons voir dans un instant la nature et la valeur des arguments invoqués contre le sanatorium, ce qui va nous permettre de préciser la position que chacun de nous doit prendre en face de ces divergences d'opinion. Mais on peut faire remarquer tout de suite que cette campagne présente, en principe, beaucoup plus d'intérêt pour les Allemands que pour les Français. En effet, en Allemagne, le sanatorium est gratuit, vraiment populaire et forme un véritable *système* qui constitue la pierre angulaire de la lutte sociale contre la tuberculose. Il en est tout autrement en France, où le sanatorium est plutôt un *établissement* de cure spéciale et tient une place très modeste dans l'ensemble des moyens que M. le Professeur Landouzy a désigné sous le nom d'armement antituberculeux.

Une autre réflexion qu'on peut encore faire au sujet de cette campagne, c'est que, jusqu'à ces derniers temps, celle-ci était pour ainsi dire *négative* et purement théorique. Nous voulons dire par là qu'en critiquant les résultats que donne le sanatorium en tant qu'établissement de cure pour tuberculeux, on n'indiquait pas une meilleure façon de faire et, surtout, on ne disait pas que tel ou tel autre établissement hospitalier ou de bienfaisance ou d'assistance rend plus ou rend moins que le sanatorium, en matière de cure ou défense antituberculeuse. Et on ne le disait pas pour la raison bien simple que les institutions ci-dessus énumérées ne possédaient pas ou n'ont jamais publié de statistiques permettant de juger leur œuvre. Le sanatorium était seul à en avoir, et c'est d'après ses statistiques à lui qu'on le jugeait. Mais, en bonne logique, pour juger, il faut *comparer*, et comme la critique du sanatorium était faite en l'absence d'éléments de comparaison, toute cette campagne avait bien, comme nous l'avons dit, un caractère négatif et théorique.

[1] *Revue gén. des Sciences*, 15 mai 1903, n° 9, p. 478.

Or, les éléments de comparaison qui nous manquaient jusqu'à présent, nous les possédons aujourd'hui sous forme d'une série de statistiques fort intéressantes, concernant les résultats que donne le traitement de la tuberculose dans les polycliniques et les hôpitaux. Ce sont ces documents qui vont nous permettre de juger en connaissance de cause la valeur et le rôle du sanatorium, ce qui, croyons-nous, justifie l'opportunité de l'étude qu'on va lire.

I. — La campagne contre le sanatorium en France et en Allemagne.

Ce qu'on reproche au sanatorium peut se résumer en trois propositions : 1° le sanatorium en tant que système sanitaire n'a pas exercé une influence appréciable sur la diminution de la mortalité tuberculeuse; 2° les guérisons « économiques » (retour de la capacité de travail) qu'il enregistre dans ses statistiques ne persistent pas ; 3° les tuberculeux qui sortent « économiquement » guéris du sanatorium succombent plus tard à la tuberculose. On en conclut que le sanatorium *populaire* est une arme imparfaite en tant que moyen de lutte contre la tuberculose des milieux ouvriers.

Examinons succesivement ces trois points.

§ 1. — Le sanatorium et la mortalité tuberculeuse.

Le premier point, l'inefficacité du sanatorium en ce qui concerne la diminution de la mortalité par tuberculose, est nettement établi par M. Armaingaud [1] dans son étude sur la mortalité tuberculeuse en Prusse.

En divisant la statistique officielle de ce pays (Tableau I) en deux périodes séparées par l'année 1893, époque à laquelle a été ouvert, en Prusse, le premier sanatorium, M. Armaingaud montre tout d'abord que la diminution progressive de la tuber-

[1] Armaingaud : Sur la décroissance de la mortalité par tuberculose en Prusse. Les causes réelles. *Bulletin médic.*, 1903, n° 8, p. 84.

culose a commencé, dans ce pays, longtemps avant la construction des sanatoria. En évaluant ensuite le taux de cette diminution avant et après 1893, il constate que c'est pendant la première période, qui va de 1887 à 1893, que la décroissance de la mortalité tuberculeuse a été la plus rapide. Le taux de cette diminution est, en effet, de 0,91 °/₀₀₀ pendant la période d'avant le sanatorium et de 0,55 °/₀₀₀ pendant la période suivante, qui va de 1893 à 1900.

Il y a mieux. Les deux dernières années de la seconde période, les années 1899 et 1900, accusent une augmentation de la mortalité tuberculeuse par rapport aux années immédiatement précédentes, laquelle augmentation se chiffre, pour 1900, par 2.000 décès en plus qu'en 1899 et par 5.000 décès en plus qu'en 1898.

M. Armaingaud n'en conclut pas que la cause de

TABLEAU I. — *Mortalité tuberculeuse en Prusse.*

ANNÉES	PROPORTION DES DÉCÈS TUBERCULEUX pour 10.000 habitants	
	Hommes	Femmes
1886	34.19	28.30
1889	30,48	25,55
1890	30,72	26,69
1891	28,90	24,62
1892	27,02	23,08
1893	27,32	22,68
1894	25.92	21.93
1895	25.45	21,14
1896	24,17	20.03
1897	23,70	19,98
1898	21.99	18,23
1899	22,79	18,70
1900	23,14	19,19

cette augmentation réside dans la nouvelle orientation de la lutte antituberculeuse en Prusse, c'est-à-dire dans le sanatorium. Très justement, il fait observer que cette augmentation de la léthalité tuberculeuse, pas plus que la décroissance observée dans la période précédente, ne peut être attribuée au sanatorium. La seule conclusion que M. Armaingaud tire de l'étude de cette statistique, c'est que les sanatoria « sont de date trop récente pour avoir encore fourni la preuve qu'ils peuvent réduire finalement le chiffre des décès tuberculeux et faire autre chose de plus que de prolonger de deux, trois ou quatre ans, la vie du tuberculeux », ce qui, soit dit entre parenthèses, ne serait déjà pas à dédaigner.

Quant à la diminution progressive de la mortalité tuberculeuse qu'accuse cette statistique, M. Armaingaud l'attribue à l'amélioration des conditions économiques de la masse et à l'amélioration de la santé publique par le progrès de l'hygiène. Cette explication est d'autant plus juste que l'abaissement de la mortalité tuberculeuse n'est pas particulier à la Prusse, mais existe dans presque tous les pays, comme le montrent les graphiques que nous avons publiés dans un autre travail[1] et comme cela ressort également des statistiques et des courbes produites par M. Brouardel[2] dans son discours à la réunion du Bureau international de la Tuberculose.

L'importance respective des conditions économiques et du sanatorium dans la diminution de la mortalité tuberculeuse apparaît également dans une petite statistique citée à la Société médicale de Berlin par M. Katz[3].

Cette statistique porte sur 127.000 ouvriers faisant partie des Caisses d'assurance contre la maladie de la circonscription de Berlin. Dans ce groupe social, la mortalité de tuberculose par 10.000 a été :

En 1894 . . . . de 38
— 1896 . . . . — 28
— 1898 . . . . — 27
— 1901 . . . . — 35

Pour expliquer cette reprise de la tuberculose pendant la dernière période, il faut se rappeller que cette augmentation brusque de la mortalité coïncide avec la crise économique et financière qui a sévi en Allemagne à cette époque. La situation de la classe ouvrière s'en est ressentie, et tout de suite le tracé de la tuberculose est monté à la façon de la colonne de mercure du thermomètre.

§ 2. — La mortalité parmi les tuberculeux guéris au sanatorium.

Au début du mouvement en faveur des sanatoria, on s'appuyait sur les statistiques de la première heure, dans lesquelles la distinction entre les guérisons économiques (retour de la capacité de travail) et les guérisons définitives n'était pas suffisamment soulignée, suffisamment accentuée. Et c'est ainsi que, dans un article publié[4] dans la *Revue* en 1899, il est question d'une proportion de 60 à 70 °/₀ de guérisons chez les tuberculeux traités au sanatorium. Mais le temps a apporté le correctif nécessaire à cet optimisme, et les statistiques publiées depuis sur les résultats *définitifs* et à longue échéance nous ont appris que les tuberculeux « économiquement » guéris finissent par succomber, dans une proportion assez élevée, à leur tuberculose.

[1] R. ROMME : La diminution de la tuberculose en Angleterre. *Revue gén. des Sciences*, 1900, n° 10, p. 680.

[2] P. BROUARDEL : Plan de campagne de la lutte contre la tuberculose en France. *La lutte antituberculeuse*, 1903, n° 4, p. 109.

[3] J. KATZ : Der Kampf gegen die Tuberculose als Volkskrankheit. *Berlin. klin. Wochenschr.*, 1903, n° 5, p. 98.

[4] R. ROMME : Les assurances ouvrières et la lutte contre la tuberculose en Allemagne. *Revue gén. des Sciences*, 15 et 30 août 1899.

Ce fait apparaît très nettement dans les statistiques officielles que publie tous les ans le Bureau impérial de Santé. Mais, à ces statistiques globales, je préfère les statistiques personnelles admirablement faites de M. Weicker[1], qui concernent les malades du sanatorium populaire de Goerbersdorf qu'il dirige depuis 1894.

Si nous envisageons la mortalité parmi les 2.248 tuberculeux qui ont été soignés dans ce sanatorium de 1894 à 1899, nous trouvons les chiffres suivants :

Parmi les malades soignés en l'année	Sont encore vivants en 1900, dans une proportion de
1895	42,5 %
1896	36,7 —
1897	57,7 —
1898	67 —
1899	89,9 —

Il en résulte que, parmi les malades qui quittent le sanatorium, un tiers meurt au bout de trois ans et presque la moitié au bout de cinq ans.

Mais il est plus intéressant de ne tenir compte que des tuberculeux qui sont considérés comme « économiquement » guéris au moment où ils quittent le sanatorium. Chez eux, la mortalité, d'après la statistique de Weicker, se présente avec les caractères suivants :

Parmi les malades sortis guéris et soignés en l'année	Sont encore vivants en 1900, dans une proportion de
1895	66,8 %
1896	54,4 —
1897	77,8 —
1898	86 —
1899	96,9 —

La situation est certainement meilleure que celle qui est indiquée par la statistique précédente. Il n'en reste pas moins établi que parmi les guéris la mortalité monte en cinq ans de 3,1 % à 33,2 %.

§ 3. — **La durée de la guérison économique.**

Les statistiques de Weicker nous renseignent encore sur la durée de la guérison économique, c'est-à-dire sur le temps pendant lequel le malade garde la capacité de travail recupérée ou améliorée par un séjour au sanatorium :

Les malades soignés en l'année	Gardent encore une capacité de travail en 1900, dans une proportion de
1895	48,3 %
1896	40,8 —
1897	61,1 —
1898	64,4 —
1899	76,9 —

Sous ce rapport encore, on constate que, parmi ceux qui sortent guéris du sanatorium, la proportion d'invalides augmente d'année en année pour atteindre près de 50 % au bout de cinq ans.

§ 4. — **Le programme des adversaires du sanatorium.**

En s'appuyant sur ce rendement peu satisfaisant du sanatorium, les adversaires de celui-ci se croient donc autorisés à dire que les sacrifices énormes qu'exige la lutte systématique par le sanatorium ne sont pas justifiés par les résultats que donne le système allemand. Aussi voudraient-ils voir la lutte contre la tuberculose transportée sur un autre terrain et le mal attaqué par un ensemble de moyens tels que l'amélioration du logement, l'amélioration des conditions matérielles de l'ouvrier, l'aménagement hygiénique des ateliers, l'inspection médicale des fabriques, le développement de la mutualité et des institutions de prévoyance, la lutte contre l'alcoolisme, la création de jardins ouvriers et de stations de cure d'air pour convalescents, le développement des institutions destinées à lutter contre la scrofulo-tuberculose de l'enfance, etc. Comme le dit M. Savoire[1], « il est préférable d'empêcher l'ouvrier de devenir tuberculisable, et même tuberculeux, que d'essayer de le guérir lorsque la maladie sera déclarée ». Et il ajoute que « la tâche sera beaucoup plus facile ».

Disons encore une fois que cette façon de comprendre la lutte contre la tuberculose intéresse bien plus l'Allemagne que la France, et que la réaliser est peut-être moins facile que M. Savoire ne le pense. En le disant, nous pensons nous trouver d'accord avec l'énorme majorité des lecteurs de la *Revue*.

Il faut, en effet, comprendre que ce que nous proposent les adversaires du sanatorium, c'est une réforme de l'hygiène sociale, et que celle-ci est si vaste qu'elle englobe non seulement les questions sanitaires proprement dites, mais aussi les conditions économiques et morales, la vie même, toute la vie, de la classe ouvrière. Or, sur ces conditions sociales, nous avons peu de prise, et elles évoluent sous l'influence de facteurs multiples sur lesquels notre action est très limitée. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer l'état de l'hygiène sociale dans les divers pays. On voit alors qu'en France, en Allemagne, en Angleterre et partout ailleurs les points sur lesquels les adversaires du sanatorium voudraient faire porter tout l'effort de la lutte antituberculeuse : logements insalubres, mauvaises conditions matérielles des populations, réglementation insuffisante du travail, développement des institutions de prévoyance, alcoolisme, etc., etc., se présentent avec un cachet particulier que leur im-

[1] H. Weicker : *Beiträge zur Frage der Volksheilstätten.* Berlin, 1901.

[1] C. Savoire : La lutte antituberculeuse en Allemagne. *Bullet. méd.*, 1902, nos 87-102.

prime la personnalité économique, politique et morale de chaque nation. Certes, on ne saurait nier l'influence qu'exerce sur ces facteurs la vigueur avec laquelle est conduite la propagande en faveur de telle ou telle idée humanitaire. Mais de beaucoup plus important nous paraît, sous le rapport des résultats, l'état de préparation du terrain auquel s'adresse la propagande et que nous ne pouvons pas, comme je l'ai dit, avoir la prétention de modifier aussi rapidement que nous l'aurions voulu. Et, si nous ne craignions pas de sortir des cadres de cet article, nous aurions pu montrer, en citant pour une série d'années les statistiques relatives à la consommation de l'alcool ou aux sociétés coopératives ou aux logements salubres, etc., jusqu'à quel point en France les progrès sont lents dans toutes ces parties de l'hygiène sociale. Ce serait montrer encore que l'attaque indirecte de la tuberculose relève d'une tactique peut-être sage, mais sûrement peu active.

Et, du reste, ce serait une erreur de croire que le mouvement en faveur du sanatorium ait fait oublier l'attaque des autres facteurs qui interviennent dans la propagation de la tuberculose. Il suffit de se rapporter au discours de M. Brouardel ou encore à la conférence récente de M. Landouzy pour voir que, depuis de longues années, depuis toujours pourrait-on dire, en France aussi bien qu'en Allemagne, et peut-être plus encore en France qu'en Allemagne, on fait une propagande active et on mène une véritable campagne en faveur des idées mises en lumière par les adversaires du sanatorium. Et cette campagne est si peu platonique que les progrès réalisés peuvent être exprimés en chiffres, puisque c'est à elle que revient, en dernière analyse, la diminution de la tuberculose constatée dans tous les pays.

Dès lors, la campagne contre le sanatorium, en France, vise tout simplement un progrès réalisé dans le traitement du tuberculeux pauvre. Car le sanatorium est-il autre chose qu'un hôpital organisé dans un but spécial suivant les exigences de l'hygiène moderne? Et nous sommes ainsi amené à nous demander si nous avons à regretter, en France, les quelques sanatoria que nous avons édifiés avec tant de peine ou si, au contraire, ils répondent à un besoin et remplissent un rôle utile. Il n'est pas difficile de montrer que c'est la seconde supposition qui est la vraie.

§ 5. — L'avenir du sanatorium en France.

Comme nous l'avons dit dès le début de cet article, — et nous ne craignons pas de le répéter, tellement la confusion nous paraît évidente, — le rôle du sanatorium populaire n'est pas le même en Allemagne et en France. En Allemagne, il constitue la pierre angulaire de tout l'édifice, il est gratuit et forme un véritable système. Chez nous, sur la dizaine de sanatoria que nous possédons ou posséderons bientôt, seul celui d'Angicourt est gratuit et mérite le nom de sanatorium populaire. Les autres sont payants, et, bien que la somme exigée pour le traitement soit très modique, il n'en résulte pas moins qu'ils sont destinés à un groupe déterminé et opèrent une véritable sélection sociale parmi les victimes de la tuberculose. Notre sanatorium, qui n'a rien d'un *système*, constitue de cette façon une sorte d'intermédiaire entre le sanatorium pour riches et le sanatorium populaire proprement dit, tel qu'il existe en Allemagne.

Cette sélection sociale du tuberculeux s'est opérée chez nous toute seule et a été déterminée par des raisons financières, par l'absence d'une législation spéciale, par l'impossibilité de trouver l'argent nécessaire à l'établissement d'un système de sanatoria gratuits, c'est-à-dire vraiment populaires. Or, si nous nous rapportons à un travail des plus remarquables publié par M. Küss [1], nous sommes obligé de nous dire — si douloureux que cet aveu soit à faire — que cette sélection est parfaitement justifiée au point de vue médical, au point de vue de la thérapeutique spéciale du tuberculeux.

Depuis trois ans que M. Küss dirige le sanatorium d'Angicourt, il a pu constater que les résultats du traitement sont tout autres chez l'ouvrier proprement dit et chez celui qui ne vit pas du travail manuel. Et il en conclut que le sanatorium n'est pas une arme de choix dans la lutte contre la tuberculose des masses populaires.

« Espérer, écrit M. Küss, que le sanatorium populaire pourra enrayer la tuberculose de telle manière qu'un dur travail d'ouvrier sera permis à la sortie, c'est, croyons-nous, une illusion. Au contraire, une cure de sanatorium suffisamment prolongée, puis, à la sortie, un travail peu pénible, permettant du repos de temps en temps, des ménagements, des arrêts à la moindre menace, voilà les conditions qui permettent d'obtenir la guérison pratique, celle qui persiste pendant des années, malgré la reprise du travail. Il faut donc bien se persuader qu'il y a, au point de vue de la permanence de la guérison, un rapport étroit entre la forme de tuberculose acceptable au sanatorium et le métier du malade : plus ce métier est rude et malsain, plus la sélection médicale à l'entrée doit être sévère.

« Les améliorations durables seront obtenues surtout chez des employés de bureaux, des employés de commerce, de petits fonctionnaires, des

[1] G. Kuss : Sanatoriums populaires et dispensaires antituberculeux. *Bullet. méd.*, 1903, nos 10 et 11.

ouvriers d'art, etc., bien disciplinables et soigneux de leur personne, et, pour eux, on pourra accepter au sanatorium, des tuberculoses plus avancées, tandis que les garanties de guérison devront être très nombreuses pour les ouvriers ayant comme unique gagne-pain un travail pénible. *Lorsqu'on parle des conditions mauvaises d'hygiène dans lesquelles se débattront les améliorés des sanatoria, on oublie que les sanatoria populaires ont un rôle à jouer, non seulement contre la tuberculose de l'ouvrier proprement dit, mais encore contre la tuberculose du « prolétaire en redingote », qui est un pauvre lui aussi, alors même qu'il reçoit un secours de 1 fr. 50 à 2 francs par jour d'une Société de Secours mutuels...* »

J'ai fait cette longue citation parce qu'à mon avis elle juge définitivement le sanatorium français et montre combien peu est justifiée la campagne menée contre lui. Car, encore une fois, nous ne possédons pas en France de sanatoria populaires proprement dits, et l'on n'entend pas établir un système, un réseau de sanatoria comme en Allemagne. Les sanatoria que nous possédons ou posséderons bientôt s'adressent à un groupe social déterminé : l'ouvrier aisé, le contre-maître si l'on veut et le « prolétaire en redingote ». Nier leur utilité, c'est aller à l'encontre des faits.

II. — Le traitement de la tuberculose dans les polycliniques et a l'hôpital.

La conclusion concernant l'utilité du sanatorium est encore confirmée par l'étude des statistiques se rapportant au traitement de la tuberculose dans les polycliniques. Nous avons dit précédemment jusqu'à quel point ces nouvelles données sont précieuses pour fixer notre opinion sur la valeur et le rôle du sanatorium. J'ajouterai seulement que le travail de M. Stadler[1], auquel nous devons ces éléments de comparaison, est établi d'une façon excessivement sérieuse, et que les faits qu'il met en lumière peuvent être acceptés en toute sûreté.

Les statistiques de M. Stadler portent sur 2.355 tuberculeux soignés à la Polyclinique de la Faculté de Marbourg, de 1893 à 1902. Ces malades appartenaient exclusivement à la classe laborieuse, gagnaient entre 400 et 1.200 francs par an, se composaient en grande partie d'ouvriers, mais comprenaient aussi un certain nombre d'employés de poste, d'employés de commerce, d'instituteurs, de petits patrons, de domestiques, de paysans. Le diagnostic de la tuberculose était fait d'après le schéma de Weicker, et, comme début de l'affection, on prenait le moment auquel le malade s'est présenté pour la première fois à la consultation, ou bien un accident clinique nettement caractérisé (hémoptysie, sueurs profuses, toux, etc.)

Une enquête sur le sort de ces malades, faite en 1902, a permis d'avoir des renseignements complets sur 670 d'entre eux (382 hommes et 288 femmes). Ce sont ces matériaux qui servent à M. Stadler pour étudier les deux points sur lesquels portent les statistiques des sanatoria, à savoir la survie des tuberculeux et la durée de la capacité de travail (guérison économique).

§ 1. — La mortalité parmi les tuberculeux soignés à la polyclinique et à l'hôpital.

En ce qui concerne le premier point, c'est-à-dire la mortalité parmi les tuberculeux soignés à la polyclinique, le tableau II nous indique que cette mortalité est bien moins élevée qu'on ne l'aurait cru tout d'abord.

Tableau II. — *Mortalité des tuberculeux soignés à la Polyclinique.*

Durée de la survie	Nombre de cas	Vivants en %	Morts en %
1 an	670	95,2	4,8
2 ans	541	81,7	18,3
3 —	477	72,8	27,2
4 —	448	67	33
5 —	397	59,7	40,3
6 —	357	54,1	45,9
7 —	311	44,2	55,8
8 —	277	35,3	64,7
9 —	243	25,5	74,5

C'est un fait certainement tout à fait inattendu que celui qui nous montre que sur 100 tuberculeux qui viennent consulter à la polyclinique et se soignent chez eux — et l'on sait dans quelles conditions exécrables — on trouve encore 67 vivants au bout de quatre ans. Ce n'est qu'au bout de sept ans que le nombre des morts dépasse celui des vivants, et, la différence continuant à s'accentuer pendant les années suivantes, on ne trouve plus dans le cours de la 9e année que 25 % de vivants contre 75 % de morts. La résistance de l'organisme humain contre la tuberculose semble donc plus grande encore qu'on ne le croyait.

Cette grande résistance du tuberculeux apparaît également dans une statistique publiée par M. de la Camp[1] et concernant les tuberculeux soignés

[1] E. Stadler : Der Einfluss der Lungentuberkulose auf Lebensdauer und Erwerbsfähigkeit und der Werth der Volksheilstattenbehandlung. *Deuts. Arch. f. klin. Medic.*, 1903, vol. LXXV, p. 412.

[1] De la Camp : *Mittheilungen aus dem Hamburgischen Staatskrankenanstalten*, Bd. II. Il nous a été impossible d'avoir l'original de ce travail. Nous citons d'après Teleky : Zur Bekampfung der Tuberkulose. *Wien. klin. Wochenschr.*, 1902, nos 38-41.

de 1892 à 1899 à l'*Hôpital* général de Hambourg (Tableau III). La mortalité est ici plus élevée que chez les malades soignés à la polyclinique, mais

Tableau III. — ***Mortalité des tuberculeux soignés à l'hôpital.***

DURÉE DE LA SURVIE	CAS CONTROLÉS		CAS CONTROLÉS parmi les améliorés	
	Nombre de cas	Mortalité en °/o	Nombre de cas	Mortalité en °/o
1 à 2 ans	215	29.8	169	22.5
2 à 3 — . . .	218	45,4	167	44,8
3 à 4 —	136	66,2	100	62
4 à 5 —	134	72,4	114	71,9
5 à 6 —	132	75	104	72,1
6 à 7 —	127	81,1	95	76,8
7 à 8 —	123	78	74	76,6

la différence s'efface presque complètement après la sixième année.

§ 2. — **La capacité de travail chez les malades soignés à la polyclinique.**

Mais ce qui est tout à fait curieux, c'est que la capacité de travail se présente, du moins à première vue, dans des conditions plus avantageuses chez les tuberculeux de polyclinique que chez les malades soignés au sanatorium. Le tableau IV de Stadler est, à ce point de vue, très significatif.

On est frappé, à la lecture de ce tableau, de voir que, cinq ans après le début de leur affection, la moitié des tuberculeux soignés à la polyclinique travaillent encore. On est surtout frappé du petit nombre de malades vraiment invalides et ne pouvant plus travailler. Mais voici comment Stadler explique ce fait :

Tableau IV. — ***Capacité de travail chez les tuberculeux soignés à la polyclinique.***

DURÉE	MORTS en °/o	VIVANTS en °/o	CAPACITÉ complète ou incomplète de travail	INCAPACITÉ de travail	NOMBRE de cas
1 an. .	4.8	95,2	66,9	4,8	670
2 ans .	18 3	81,7	59,7	5,2	541
3 — .	27,2	72,8	55,1	5,1	427
4 — .	33	67	52,7	4,6	448
5 — .	40,3	59,7	48,1	4	397
6 — .	45,9	54,1	43.5	4.2	357
7 — .	55,8	44,2	35,2	3,9	311
8 — .	64,7	35,3	27,8	3,6	277
9 — .	74,5	25,5	18,9	2,9	243

« Parmi mes malades, écrit-il, j'en ai connu un bon nombre qui, quelques semaines, parfois même quelques jours avant leur mort, venaient encore, de loin, à la polyclinique, et qui, à aucun prix, ne voulaient entrer à l'hôpital en disant qu'ils ont besoin de travailler pour leur famille. Les faits de ce genre ne sont pas rares parmi les ouvriers qui, étant chargés de familles dont ils sont les seuls soutiens, mettent une sorte d'amour propre à ne pas demander des secours, à ne pas figurer sur la liste des indigents. Ils préfèrent travailler jusqu'au dernier moment que de prendre quelques jours de repos. » C'est de cette façon que Stadler explique la fréquence plus grande de la capacité de travail chez les malades de polyclinique que chez les malades de sanatorium, ceux-ci, contrairement à ceux-là, étant secourus par les Caisses d'assurances contre la maladie ou contre l'invalidité.

Il nous reste, avant de terminer [1], à rapporter le tableau dans lequel Stadler a consigné, à titre comparatif, les résultats que donne la polyclinique et le sanatorium (statistique de Weicker), tant au point de vue de la survie qu'à celui de la capacité de travail (Tableau V) :

Tableau V. — ***Comparaison des résultats du sanatorium et de la polyclinique.***

DURÉE		MORTS en °/o	VIVANTS en °/o	CAPACITÉ complète de travail	CAPACITÉ incomplète de travail	INCAPACITÉ de travail	NOMBRE de cas
1 an	Sanat.	4,5	95,5	72	5.3	18,2	704
	Polyclin.	4,8	95,2	—	—	—	670
2 ans	Sanat.	11.3	88,7	66,2	5,7	16,8	352
	Polyclin.	18,3	81,7	—	—	—	541
3 ans	Sanat.	16,4	83.6	66.3	2,6	14,7	232
	Polyclin.	27,2	72.8	41.5	13.6	5,1	477
4 ans	Sanat.	39,3	60,7	45.8	3,7	11,2	107
	Polyclin.	33	67	39,7	13	4,6	448

Nous avons déjà dit ce que Stadler pense au sujet de la capacité de travail chez ses malades et chez les tuberculeux soignés au sanatorium.

Quant à la survie chez les malades de ces deux catégories, ce tableau nous montre que la mortalité est sensiblement la même pendant la première année chez les malades de polyclinique et chez ceux du sanatorium. Il semble que le sanatorium soit aussi impuissant que la polyclinique contre la phtisie rapide. Mais, dans le courant des deux années suivantes, l'avantage est manifestement du côté du sanatorium, qui donne une mortalité de 7 °/o moindre pour la seconde année et de 10,8 °/o pour la troisième. Malheureusement, cette situation ne se maintient pas et, dans le courant de la quatrième année, la mortalité devient de 6,3 °/o supérieure au sanatorium qu'à la polyclinique, avec cette aggravation que l'augmentation de la mortalité, pour la quatrième année (comparée à l'année

[1] Un travail publié par M. Hammer (Die Heilstättenbehandl. der Tuberkulose, in *Munchen. med. Wochenschr.*, 1902, n° 26) aboutit aux mêmes conclusions.

précédente), est de 22,9 % pour les malades du sanatorium et de 5,8 % seulement chez les tuberculeux de la polyclinique.

Ainsi donc, *pendant les trois premières années, le sanatorium comparé à la polyclinique sauve ou prolonge la vie à* 18,1 % *de tuberculeux (presque un cinquième) soumis au traitement.* Mais il ne peut faire davantage. Les statistiques provenant des sanatoria pour riches et tout ce que Kuss nous a fait connaître au sujet de la sélection sociale expliquent largement cette impuissance. On comprend, sans qu'il soit besoin d'insister, que lorsque, en sortant du sanatorium, l'ouvrier tuberculeux se retrouve dans les conditions de vie et d'existence qui l'ont rendu tuberculeux, il est forcément condamné à se tuberculiser de nouveau.

III. — Conclusion.

Quelles conclusions allons-nous tirer des faits qui résultent de l'étude comparée du sanatorium et de la polyclinique?

La première, c'est que les quelques sanatoria pour adultes que nous possédons en France répondent à un véritable besoin et remplissent un but avant tout thérapeutique, mais aussi de prophylaxie portant sur un groupe social déterminé. Si nous voulons bien remplacer le mot de sanatorium par celui d'hôpital répondant à toutes les exigences de l'hygiène moderne, nous devons regretter que l'absence d'une législation sociale analogue à celle de l'Allemagne nous oblige de refuser cet instrument de cure ou du moins de traitement rationnel aux déshérités de la fortune.

Mais la vie est plus forte que les idées, et c'est en raison des difficultés financières que, ne pouvant avoir des sanatoria vraiment populaires, nous nous sommes instinctivement tournés du côté des dispensaires antituberculeux auxquels M. Calmette a attaché son nom Est-il utile d'ajouter que les statistiques de Stadler montrent avec la dernière évidence les services inappréciables que le dispensaire, tel que M. Calmette l'a conçu, peut rendre dans la lutte contre la tuberculose?

Pour la même raison encore, si l'on prend en considération la résistance très particulière des tuberculeux, on ne saurait dire assez de bien et de l'Œuvre de préservation de l'enfance de M. le Professeur Grancher, et du sanatorium de fortune de Brunon ainsi que de son aérium, et des galeries de cure telles que Letulle les a établies dans son hôpital, et des jardins de convalescence et des colonies de vacances et des sanatoria marins d'Armaingaud. Tout ce qu'on fait pour le tuberculeux déshérité doit être considéré comme bienvenu, et, sans déprécier la façon de faire et la façon de penser de son voisin, chacun de nous doit concourir à l'œuvre commune, qui est la lutte contre la tuberculose.

Dr R. Romme,
Préparateur à la Faculté de Médecine de Paris.

A PROPOS DE L'ÉTAT ACTUEL DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

M. E. Ducretet nous prie d'insérer la lettre suivante, qu'il a adressée à M. Tissot à la suite de son article sur la télégraphie sans fil :

Paris, le 2 Novembre 1903.

Monsieur,

Je viens de lire le Mémoire que vous avez fait paraître dans la *Revue générale des Sciences* du 15 octobre dernier (N° 19), sous le titre : *L'État actuel de la Télégraphie sans fil.* Aux pages 980-981, *vous citez mon nom et celui du Professeur Popoff avec des conclusions, qui vous sont personnelles*, sur les conditions de fonctionnement de mon tube radio-conducteur à limaille et du radio-téléphone à aiguilles « *Popoff-Ducretet* ».

Ces conclusions, qui peuvent égarer les lecteurs de la *Revue générale des Sciences*, *sont inexactes et elles ne peuvent se rapporter à mes types actuels 1902-1903*, employés avec succès aux grandes distances et dont l'usage est pratique dans les postes de télégraphie sans fil. Je vous affirme que le *radioconducteur hermétique et à réglage de E. Ducretet* (*N° 66 de mon tarif raisonné, que je vous adresse*) ne le cède à aucun autre comme fixité, durée et sensibilité; il en est de même du *radio-téléphone à aiguilles Popoff-Ducretet* (*Nos 61 et 70 du tarif raisonné*) : cet appareil portatif *ne se dérègle pas et il est de très longue durée.* Mes Guides pratiques donnent les explications nécessaires pour obtenir d'emblée les meilleurs résultats.

Quant à mes *bobines de Ruhmkorff*, types T.S.F., après essais comparatifs suivis, les résultats pratiques qu'elles donnent sont conformes à ceux que vous m'annonciez dans votre lettre de mai 1900 sur *la valeur et l'endurance de mes bobines de Ruhmkorff employées par la Marine.* Ces bobines sont excitées soit par le courant continu, soit par le courant alternatif.

Cette lettre est justifiée, mon nom ayant été cité par vous, avec des conclusions inexactes.

Votre dévoué,

E. Ducretet.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Zeuthen (H.-G.), *Professeur à l'Université de Copenhague.* — **Histoire des Mathématiques dans l'Antiquité et le Moyen-Age.** (*Edition française, revue et corrigée par l'auteur, traduite par* Jean Mascart, *docteur ès sciences*). — *1 vol. in-8° de XV-296 pages* (*Prix 9 fr.*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1903.

En écrivant ce livre, dont l'édition danoise date de 1893 et dont l'éloge n'est plus à faire, M. Zeuthen s'est préoccupé avant tout de retracer le développement même de la Mathématique, beaucoup plus que d'indiquer méticuleusement les noms des savants à qui elle doit tel et tel menus progrès. Peu soucieux d'accumuler les détails historiques, il s'est attaché à mettre en relief les formes sous lesquelles les vérités et les méthodes se sont manifestées, les applications qui en ont été faites, et il a pleinement réussi à faire comprendre ainsi cette lente évolution des formes qui a amené graduellement les Mathématiques à leur physionomie actuelle. C'est une histoire essentiellement raisonnée, où tout se tient et s'enchaîne et où la forme que revêtent les propositions et leurs démonstrations apparaît comme une conséquence nécessaire des circonstances d'époque et de milieu. Les Mathématiques grecques occupent naturellement une place considérable dans l'ouvrage. On y remarque, notamment, un véritable commentaire des Eléments d'Euclide, qui jouèrent le rôle fondamental dans l'évolution. Parmi tant de pages dignes d'être citées, cette partie et celles qui concernent les déterminations infinitésimales d'Archimède, les sections coniques d'Apollonius, les lieux et problèmes solides, présentent un intérêt et une originalité qui frapperont le lecteur.

Dans une Introduction d'une dizaine de pages, l'auteur dit d'abord quelques mots des Mathématiques *préhistoriques.* Puis il expose brièvement les connaissances mathématiques que possédaient les Egyptiens et les Babyloniens au moment où ils entrèrent en contact avec les Grecs et que ceux-ci ont pu leur emprunter. Il fait de ces connaissances une introduction *préscientifique* à la Géométrie grecque, de même qu'il traite le calcul numérique des Grecs comme une introduction *préscientifique* au calcul des Indiens.

L'ouvrage comprend trois sections. La première, « les Mathématiques grecques », occupe près de 200 pages; la deuxième, « les Mathématiques indiennes », en occupe une quinzaine; la troisième section, intitulée « le Moyen-Age », est de 25 pages environ.

Les Mathématiques grecques. — Leur étude débute par un aperçu historique. Nous les voyons naître sur les côtes de l'Asie Mineure, avec Thalès de Milet, puis commencer à se coordonner et à se développer au VIe siècle avant notre ère. Sous l'influence de Pythagore et de son École, elles fleurissent ensuite dans l'Italie méridionale au Ve siècle. Mais Platon et le savant Eudoxe de Cnide sont initiés à la doctrine pythagoricienne et, au IVe siècle, ce sont les Écoles d'Athènes et de Cyzique qui captent les géomètres. Bientôt apparaît la glorieuse École d'Alexandrie et, avec elle, ses trois plus illustres représentants: Euclide, Archimède, Apollonius. C'est l'âge d'or de la science hellène. Plus tard, d'importants progrès sont encore réalisés, mais dans des branches spéciales, surtout dans celles qui s'appliquent à l'Astronomie. A ce propos, M. Zeuthen jette un coup d'œil sur les astronomes de l'Antiquité grecque, qui nous renseignent d'ailleurs sur la façon dont les Mathématiques étaient utilisées pratiquement. Le renseignement a d'autant plus de prix qu'il fait défaut dans les écrits des géomètres proprement dits, en raison du peu de cas qu'ils faisaient de la *Logistique*, comme de l'arpentage. A ce point de vue, les ouvrages de Héron offrent un intérêt particulier. Cependant, dès le début de notre ère, l'essor s'était presque totalement arrêté. M. Zeuthen reviendra plus loin sur les causes de cet arrêt; il se borne ici à l'expliquer par les circonstances extérieures. Alexandrie n'en reste pas moins pendant longtemps « le lieu du monde où se conserve le mieux l'intelligence des vieilles Mathématiques » et, au IIIe siècle, les travaux de Pappus et surtout ceux, si originaux, de Diophante y appellent encore notre attention.

Après ce résumé historique, l'auteur considère les Mathématiques grecques en elles-mêmes.

Il remarque d'abord que, si l'on est assez ignorant des connaissances géométriques du VIe siècle (av. J.-C.), elles ont dû néanmoins avoir une certaine importance, à en juger par les découvertes qu'elles ont values au Ve. La Mathématique de celui-ci est beaucoup mieux connue et M. Zeuthen nous éclaire à son sujet. Il rappelle notamment l'Algèbre purement géométrique qu'employaient les Pythagoriciens et, à leur suite, les mathématiciens grecs. Il montre comment elle permit de résoudre des équations quadratiques numériques, ce qui conduisit à une classification des quantités irrationnelles. L'auteur insiste à ce propos sur l'habileté des Grecs dans l'extraction des racines et dans le calcul numérique en général. Mais l'auteur voit dans les efforts continuellement faits pour rendre toute démonstration applicable aux grandeurs irrationnelles l'origine de la force principale des Mathématiques hellènes.

Après avoir examiné la notion qu'elles donnaient de l'infini, M. Zeuthen passe en revue les investigations touchant la quadrature du cercle, la trisection de l'angle, la multiplication du cube. Puis il envisage l'Ecole de Platon et l'Ecole d'Eudoxe, en s'attachant à l'influence qu'elles ont exercée sur la physionomie des Mathématiques. Il nous les montre élaborant et discutant les formes sous lesquelles la vérité doit être présentée, créant la méthode analytique, créant les formes d'Analyse et de Synthèse.

Mais nous voici en présence de l'Ecole d'Alexandrie, et de nombreuses pages, extrêmement intéressantes, vont être consacrées aux travaux qui ont perpétué son souvenir.

Ayant défini les ouvrages appelés *Eléments* et mentionné des instruments auxiliaires de la méthode analytique, comme les *Data* d'Euclide, l'auteur arrive aux *Eléments* du célèbre géomètre et analyse en détail cette œuvre capitale. Il en montre la solidité, met en évidence la forme synthétique, fait la part de ce qui revient à Euclide et explique l'ordre adopté. L'étude des *hypothèses géométriques* du géomètre grec est l'occasion d'une note personnelle à l'auteur, « sur les hypothèses de la Géométrie ». Il s'arrête sur le Ve et le VIe livres, qui renferment la théorie des proportions d'Eudoxe et ses plus importantes applications; il s'arrête sur le XIIe, où la démonstration par exhaustion du même savant se trouve utilisée.

Après Euclide, Archimède. Le génie de l'immortel géomètre apparaît dans bien des domaines; mais M. Zeuthen se limite ici aux *investigations infinitésimales* et à la *théorie de l'équilibre*, qui sont les plus

propres à révéler la puissance créatrice du maître. Le traité sur *la quadrature de la parabole*, puis le traité sur *les spirales* et celui sur *les conoïdes et les sphéroïdes*, qui comportent tous les deux de véritables intégrations, l'ouvrage sur *la sphère et le cylindre* sont successivement analysés. L'auteur examine ensuite les deux ouvrages qui ont créé la Statique et l'Hydrostatique : le traité de *l'équilibre des figures planes* et celui des *corps flottants*.

La théorie des sections coniques occupe les pages suivantes. Un chapitre préliminaire initie le lecteur à ce que l'on en savait avant Apollonius et à l'usage que l'on en faisait comme lieux géométriques, *lieux solides* selon l'expression d'alors. Le grand traité d'Apollonius et, avant tout, ses quatre premiers livres nous fixent complètement sur les connaissances des Anciens relatives à ces courbes. M. Zeuthen donne une analyse très intéressante de l'ouvrage en insistant longuement sur le premier livre, où, pour la première fois, le problème de la section du cône oblique a été envisagé dans toute sa généralité, en même temps que les deux branches de l'hyperbole sont traitées comme une courbe unique assimilée à l'ellipse. Un chapitre intitulé « Lieux et problèmes solides » suit immédiatement et se rattache par plus d'un lien au précédent, le traité d'Apollonius montrant notamment la grande importance que l'on prêtait aux *lieux à trois et à quatre droites*. M. Zeuthen y discute le sens que l'on doit attribuer à la dénomination de *problèmes solides* et, à titre d'exemples, il développe le traitement de l'équation à laquelle Archimède ramène sa division de la sphère, puis la construction des normales menées d'un point à une conique, au Ve livre d'Apollonius.

L'auteur s'occupe ensuite de la Géométrie calculante et suit son développement chez les Grecs, longtemps retardé par la difficulté de transformer en calculs les constructions déterminant les angles : « aux plus beaux jours de l'époque alexandrine, les Grecs ne possédaient point encore de Trigonométrie ». M. Zeuthen explique comment les besoins de l'Astronomie firent combler cette lacune. Il donne un compte rendu sommaire de l'ouvrage d'Archimède sur *la mesure du cercle*, cite la détermination de Π par Apollonius, les tables de cordes d'Hipparque, de Ménélas, et décrit celles de Ptolémée. L'application de ces tables aux questions d'Astronomie appelle la Géométrie sphérique : l'auteur lui consacre quelques pages, où la projection stéréographique, les coordonnées rectangulaires utilisées par Ptolémée, les *Sphœrica* de Ménélas trouvent naturellement leur place.

Enfin, le lecteur assiste à la décadence de la Géométrie grecque. M. Zeuthen recherche les causes de cette décadence, que les circonstances extérieures ne suffisent pas à expliquer. Il les trouve dans ce souci extraordinaire, mais gênant, qu'avaient les Grecs d'une correction logique inattaquable, dans la forme purement géométrique de leur Algèbre, dans leur parti pris d'exclure des œuvres classiques tout ce qui ne devait être qu'approximation.

Cependant, grâce à ses propres applications à l'Astronomie, la Géométrie calculante continue à se développer et, par là, des progrès finissent par apparaître dans le domaine des calculs pratiques. Il s'ensuit un essor de l'Arithmétique grecque qui se manifeste plus tard par des innovations d'un intérêt réel. C'est à cette Arithmétique plus récente et à Diophante que M. Zeuthen consacre son dernier chapitre sur les Grecs. Nous y voyons ce mathématicien traitant les nombres en tant que nombres ; nous le voyons introduisant des symboles pour représenter une inconnue et quelques-unes de ses puissances. M. Zeuthen donne des spécimens des nombreux problèmes numériques traités dans *les arithmétiques* et pour lesquels Diophante cherche des solutions rationnelles.

Les Mathématiques indiennes. — Grâce à une aptitude arithmétique incontestable, les Indiens ont exercé une influence extraordinaire sur le développement de notre science, mais en de tout autres directions que les Grecs. Cette aptitude est attestée avant tout par ce fait capital qu'ils ont imaginé la représentation des nombres usuelle aujourd'hui, avec chiffres ayant valeur de position. Leurs traités d'Astronomie, tels que le *Sourya Siddhânta*, du IVe ou du Ve siècle, les traités de Aryabhatta et de Brahmagoupta, nous éclairent indirectement sur les Mathématiques indiennes, tandis que les deux ouvrages beaucoup plus récents de Bhâskara Acârya, le *Lilâvati* et le *Vijaganita* (XIIe siècle), nous renseignent d'une manière directe et plus complète. M. Zeuthen observe que les Indiens ont bénéficié de la science grecque, sans lui emprunter toutefois sa rigueur théorique : c'est par le calcul numérique et son empirisme pratique, poussés bien au delà des limites atteintes par les Grecs, qu'ils se sont approprié théorèmes et méthodes, dont ils exprimaient d'ailleurs les démonstrations par de simples tracés. Mais l'auteur fait ressortir l'extrême importance de la numération de position et des règles de calcul indiennes, dont l'invention n'est peut-être pas très antérieure au Sourya Siddhânta, qui les utilise déjà.

Après cet aperçu rapide, M. Zeuthen montre comment les peuples se sont élevés à l'idée du nombre, comment ils ont été tous amenés au groupement décimal ou vigésimal. Il explique les procédés à l'aide desquels on est arrivé à compter et à écrire les nombres. Il compare la numération prolixe, mais claire, des Romains, avec la brève numération alphabétique des Grecs, avantageuse pour écrire les nombres peu considérables. Il jette, enfin, un coup d'œil sur les moyens qu'employaient les Indiens avant l'invention du système de position, alors que déjà ils s'occupaient de nombres élevés.

Les pages suivantes traitent des règles arithmétiques qu'ils connaissaient et des problèmes auxquels ils les appliquaient. A cet égard, le Lilâvati est plein de renseignements, et M. Zeuthen cite les règles pour l'extraction des racines carrée et cubique, les règles de trois, d'intérêt, de société, etc. ; la règle de la fausse position et la règle dite des deux fausses positions ; puis des règles particulières pour lesquelles il nous faudrait résoudre des équations du 1er et du 2e degré à une ou plusieurs inconnues. Un certain nombre des exemples lyriques qu'employaient les Indiens pour expliquer leurs règles sont ensuite indiqués.

La section des Mathématiques indiennes se termine par un chapitre consacré à l'Algèbre, à la Théorie des nombres, à la Géométrie. Comme celle de Diophante, l'Algèbre indienne ne traite les nombres qu'en tant que nombres ; mais elle est loin d'avoir la rigueur grecque. L'auteur signale en particulier la façon peu scupuleuse dont les Indiens maniaient les nombres irrationnels et le peu de souci qu'ils prenaient des quantités négatives. Certes, ils employaient des symboles pour représenter les inconnues et leurs puissances, et ils allèrent même plus loin que Diophante dans cette voie. Mais, malgré cela, ils ne dépassèrent pas les Grecs dans le traitement des équations déterminées. En revanche, M. Zeuthen fait valoir leur mérite dans le domaine des équations indéterminées, pour lesquelles ils obtinrent des solutions, non pas seulement rationnelles, mais entières. Les Indiens étaient, d'ailleurs, en possession de diverses propositions relevant de la Théorie des nombres. Quant à leur Géométrie, l'auteur la regarde comme empruntée presque totalement aux Grecs et il ne s'y arrête pas. Il y distingue pourtant la formule de Brahmagoupta qui donne la surface d'un quadrilatère inscriptible en fonction des côtés et, à ce propos, il mentionne les tables de sinus et de sinus verses qui se trouvent dans le Sourya Siddhânta.

Le Moyen-Age. — Un premier chapitre consiste en une Introduction générale. Après une récapitulation de l'œuvre des Grecs et des Indiens, l'auteur constate que les héritiers immédiats des Mathématiques grecques eurent pour capitale commune Constantinople. Mais

ce n'est pas là que les Mathématiques devaient renaître. M. Zeuthen montre qu'elles revinrent en Europe par l'intermédiaire des Arabes, qui avaient réussi à leur donner une forme plus accessible. Grâce à l'étendue immense de leurs conquêtes, ceux-ci s'étaient vus en contact avec tous les peuples qui avaient cultivé la science et, au contraire des Romains qui s'étaient trouvés dans le même cas, ils avaient su en tirer profit. Des dynasties entières de princes avaient mis leur honneur à favoriser les savants, et, longtemps encore après les Abassides, Bagdad était resté un foyer de Mathématiques. Les Eléments d'Euclide, la Syntaxe de Ptolémée, puis les traités de Diophante, Héron, Archimède, Apollonius, les ouvrages astronomiques indiens avaient été successivement traduits, et les Arabes doivent être regardés comme ayant eu « la part la plus précoce et la plus considérable dans le développement des Mathématiques au Moyen-Age ». C'est après leur rencontre avec les Européens à propos des Croisades, ou aussi en Espagne, en Sicile et dans d'autres lieux, que ceux-ci s'assimilèrent leur science et préparèrent ensuite le grand mouvement en avant qui prit naissance au début du XVIe siècle.

Le chapitre suivant est consacré à l'Arithmétique et à l'Algèbre arabes. Après avoir rendu compte des ouvrages de Mohammed ibn Mousâ Alkhovarizimi, l'auteur passe tout de suite aux environs de l'an 1000, où l'on voit paraître à Bagdad deux traités d'arithmétique bien différents : l'un, dû à Alnasavî, met en évidence de grands progrès déjà réalisés dans l'emploi du calcul indien ; l'autre, dû à Alkarchî, a son point de départ chez les Grecs et n'a rien de commun avec ce calcul, les nombres y étant exprimés par des mots. Cependant, Alkarchî savait opérer sur les nombres eux-mêmes. En particulier, son important ouvrage sur l'Algèbre le prouve bien : il s'y révèle comme un éminent disciple de Diophante, obtenant lui-même de notables progrès. M. Zeuthen les détaille en faisant valoir ceux qui intéressent la simplification des notions théoriques. Au sujet du traitement des radicaux, il met en parallèle le point de vue d'Alkarchî avec celui d'Omar Alkhaijâmi, et cette question amène celle de la résolution générale de l'équation du 3me degré. Les Arabes ne devaient pas la résoudre ; mais l'auteur remarque qu'ils l'élucidèrent beaucoup mieux que ne le firent les Grecs et que d'autres questions bénéficièrent de ce travail. Il donne un joli exemple de calcul d'une racine d'une telle équation et indique quelques types des résultats obtenus dans la Théorie des nombres.

La Trigonométrie des Arabes occupe le troisième chapitre. Comme les Indiens, ils employaient des tables de sinus ; M. Zeuthen explique comme elles furent construites et appliquées, notamment par Aboul Wafâ, à Bagdad, qui introduisit des améliorations et une table des tangentes. Les recherches trigonométriques d'Astronomie pénétrèrent d'ailleurs jusqu'aux confins de l'occident ; à Séville, au XIe siècle, le mathématicien arabe connu sous le nom de Geber écrivit un grand ouvrage astronomique où l'on rencontre de nombreuses innovations. Mais c'est à Bagdad que l'on commença à envisager directement les triangles et que la Trigonométrie fut érigée en science autonome, indépendante des applications astronomiques. Le résultat final des recherches arabes nous est, d'ailleurs, révélé dans un ouvrage de Nassir Eddîn, le *Traité du quadrilatère*, et M. Zeuthen explique notamment comment s'y trouvent résolus certains cas des triangles sphériques quelconques.

Enfin, un quatrième chapitre a pour titre « Premier réveil des Mathématiques en Europe ». Il débute par un exposé de leur état au temps de Léonard de Pise, c'est-à-dire vers l'an 1200. Puis l'auteur nous entretient de ce mathématicien, qui fut le plus grand en Europe au Moyen-Age et qui, par son *Liber Abaci*, essaya d'initier la race latine aux connaissances qu'il avait acquises des Arabes et des Byzantins. Mais, pendant longtemps, son influence se limita au Nord de l'Italie, ce qui explique que des écrivains de mérite moindre aient pu être en vogue dans les cercles savants. Leur succès atteste du moins que les Mathématiques étaient cultivées dans ces cercles, et, en maints endroits, elles devinrent l'objet de recherches originales, témoins celles de Campanus ou de Bradwardin. Cependant on traduisait les Arabes et bientôt on traduisit aussi les Grecs, si bien que, aux derniers siècles du Moyen-Age, l'Europe vit des travaux qui doivent être hautement cités. M. Zeuthen mentionne notamment les travaux français de Nicole Oresme et de Chuquet, les travaux allemands de Peurbach et surtout de son disciple Regiomontanus. Avec lui, avec Johann Werner, avec Albrecht Durer, la ville de Nüremberg reste longtemps un centre scientifique. En Italie, c'est Léonard de Vinci qui appelle maintenant notre attention, et la *Summa* de Luca Paciuolo, imprimée en 1494, donne le degré d'avancement atteint dans cette contrée à la veille de la Renaissance. Ainsi se prépara une nouvelle période glorieuse pour les Mathématiques. « Elle s'ouvrit brusquement le jour où la résolution de l'équation cubique montra la possibilité de résoudre un problème auquel Grecs et Arabes avaient dû renoncer. » L'imprimerie était, d'ailleurs, là pour favoriser désormais l'essor de la Science. M. Zeuthen termine en faisant allusion aux immenses progrès qui allaient être réalisés et il y trouve une justification des longs développements qu'il a consacrés aux Mathématiques grecques : « Elles sont la propre source où l'on ne cessa de puiser une énergie intense pour le progrès ».

Tous les Français qui s'intéressent aux Mathématiques sauront le plus grand gré à M. Jean Mascart de la traduction d'une œuvre qui vient accroître avec tant de succès la littérature historique de ces sciences. Dans un langage exactement adapté au texte, l'édition française rend fidèlement la pensée de l'auteur et, sans aucun doute, elle sera appréciée des élèves comme des maîtres. Elle est, du reste, entièrement à jour, ayant bénéficié de recherches toutes récentes, que n'ont connues ni l'édition danoise, ni l'édition allemande. Enfin, elle est enrichie de quelques annotations pleines d'intérêt, dues à la haute compétence de M. Paul Tannery, dont l'auteur a, d'ailleurs, maintes fois adopté les vues.

G. FLOQUET,
Professeur à l'Université de Nancy.

2° Sciences physiques

Claude (Georges). — **L'air liquide ; sa production ; ses propriétés, ses applications.** (*Préface de* M. D'ARSONVAL, *Membre de l'Institut.*) — *Un volume in-8° de 125 pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50) *Vve Ch. Dunod, Paris*, 1903.

Les lecteurs de la *Revue* connaissent, au moins dans ses grandes lignes, la question de l'air liquide [1] ; M. Georges Claude vient de l'exposer à son tour dans un volume de 125 pages, destiné spécialement au grand public, à ce public auquel il faut faire grâce de toute description tant soit peu technique et qui recherche surtout le pittoresque et l'imprévu. Pour de tels lecteurs, M. Georges Claude est un vulgarisateur tout simplement admirable ; avec un art inimitable, il sait captiver leur attention et la soutenir sans fatigue en émaillant son récit de boutades, de mot drôles et justes, voire de calembours. Mais tout cela vient si bien à point pour couper la longueur de l'exposition, le style de l'auteur est si jovial, si « bon enfant », qu'il provoque une franche gaieté chez son lecteur et l'amène insensiblement au bout d'un long chapitre où celui-ci a appris sans effort un nombre très considérable de faits en apparence rébarbatifs.

Le sujet est traité en cinq chapitres, dont le premier est relatif à la liquéfaction des gaz permanents, la ques-

[1] Voyez E. MATHIAS : La préparation industrielle et les applications des gaz liquéfiés, dans la *Revue* des 30 octobre et 15 novembre 1901.

tion de la liquéfaction de l'air demandant à être préparée par celle des autres gaz. Avec l'autorité qu'il a en pareille matière, M. Georges Claude retrace magistralement l'histoire des idées; tout en rendant un juste hommage à Linde, il montre combien la détente avec travail extérieur récupérable, conception géniale de Siemens, est plus efficace que la détente dite sans travail extérieur, surtout quand on emploie, comme il l'a fait, l'éther de pétrole et l'air liquide lui-même comme lubréfiants permettant le fonctionnement des parties mobiles de la machine aux plus basses températures.

Le *clou* du livre eut été sans nul doute la description de l'appareil qui permet à M. G. Claude d'obtenir l'air liquide dans des conditions économiques deux fois meilleures que celles des appareils de Linde, tout en abaissant à 20 ou 30 atmosphères la compression nécessaire pour produire la détente avec travail extérieur. Malheureusement, cette attente est déçue; une brève allusion à la Société l'*Air liquide* donne à penser que les intérêts de ses actionnaires s'opposent à la divulgation actuelle des procédés de M. G. Claude; c'est vraiment dommage, car cela diminue sensiblement l'intérêt du livre, du moins en ce qui concerne la production de l'air liquide.

Ce regret exprimé, constatons que la conservation de ce corps singulier et l'histoire de ses propriétés physiques sont traitées en détail et à grand renfort d'illustrations intéressantes; puis viennent les applications physico-chimiques et chimiques : les explosifs à base d'air liquide et la séparation de l'air en ses éléments. Avec un réel enthousiasme scientifique, l'auteur montre comment l'air liquide à bon marché est probablement appelé à révolutionner à bref délai l'éclairage, la métallurgie, les industries chimiques, l'hygiène et l'agriculture, sans compter nos connaissances sur la matière. Le ton s'élève encore dans le chapitre final intitulé : « Les basses températures et la mort de la matière », et l'auteur, définitivement empoigné par son sujet, laissant de côté les libertés de style du début, expose en un langage élevé le curieux et si poétique « sommeil » de la matière au voisinage du zéro absolu et les prodigieux efforts tentés par le Professeur J. Dewar pour se rapprocher de cette température idéale qui, comme l'île d'Ithaque, recule à mesure qu'on croît s'en approcher davantage.

E. Mathias,
Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

Whetham (W.-C.-D.), *Membre de la Société Royale de Londres, Fellow of Trinity College* (Cambridge). — **A Treatise on the Theory of Solution, including the phenomena of Electrolysis.** — 1 *vol. in-8° de* 488 *pages et* 61 *figures* (*Prix* : 12 *fr.* 50). *Cambridge University Press*, 1903.

A ses débuts, toute science cherche les phénomènes nets et les lois simples; ce qui, à première vue, paraît vague et mal délimité est provisoirement laissé de côté, pour n'être repris que lorsque la clarté a été faite dans les domaines qui la comportent à moins de frais. C'est ainsi que la Chimie s'est restreinte pendant près d'un siècle à l'étude des réactions complètes, au point que les débutants pouvaient croire, sur la foi de l'enseignement qui leur était donné, qu'aucune transformation n'était susceptible de s'arrêter à mi-chemin. Mais, par la puissance du nombre, l'étude des équilibres a fini par s'imposer; ses lois, déduites des principes de la Thermodynamique par Willard Gibbs, MM. Le Chatelier, van't Hoff, Ostwald, Duhem et toute la brillante cohorte des physico-chimistes, ont bientôt constitué la solide charpente sur laquelle l'expérience bâtit un édifice dont l'ampleur et la rapide croissance sont faites pour surprendre. La Physico-chimie est, peut-on dire, la science du jour.

L'ouvrage que nous avons sous les yeux en présente, sous une forme claire et complète, un chapitre important, celui des solutions, c'est-à-dire des composés dans lesquels les proportions relatives des constituants peuvent varier d'une façon continue entre certaines limites de valeurs des facteurs d'action, dont les deux principaux sont la pression et la température.

Une courte Introduction rappelant les principes de la Thermodynamique prépare à la lecture des chapitres suivants, consacrés à la règle des phases, développée pour des systèmes invariants, mono ou polyvariants, chaque cas étant rendu plus clair par des exemples familiers, comme ceux que fournissent l'eau sous ses trois états, le soufre dans ses diverses variétés, etc., enfin les cas où plusieurs corps sont en solution mutuelle. Ceci n'est qu'un aperçu, dans lequel la solution n'est considérée que comme une illustration de la règle des phases.

Au quatrième chapitre, nous entrons au cœur du sujet par l'étude des courbes de solubilité et de la sursaturation. La pression osmotique fait l'objet d'un chapitre spécial, dans lequel on rencontre les relations fondamentales établies avec un coup d'œil si génial par van't Hoff, et les généralisations de la solide œuvre expérimentale de Raoult, dans les rapports entre les pressions de vapeur et l'abaissement du point de congélation des solutions.

Cette première partie de l'ouvrage est résumée dans une brève discussion relative aux théories en présence concernant la nature intime des solutions. « A première vue, dit l'auteur, l'idée d'un bombardement moléculaire contre les parois de la membrane par des particules dissoutes, dynamiquement indépendantes des molécules du dissolvant, semble diamétralement opposée à l'hypothèse d'une combinaison chimique entre elles; mais nous savons trop peu de chose sur la nature de l'affinité chimique pour être certains qu'elle n'est pas due à une relation entre les propriétés dynamiques des corps en présence, et les deux théories de la dissolution peuvent, après tout, n'être que deux formes de la même vérité ».

C'est donc encore, malgré un labeur considérable et les plus ingénieuses déductions, à l'incertitude qu'aboutit la science physico-chimique pour l'ensemble de phénomènes dont elle s'occupe. Peut-être trouvera-t-on bientôt l'*experimentum crucis*; déjà l'expérience de Pickering, de l'osmose des mélanges d'eau et d'alcool propylique, pourrait sembler convaincante. L'auteur met, d'ailleurs, en garde contre la tentation à laquelle on pourrait se laisser aller d'assimiler les phénomènes de la pression osmotique dans les cas des électrolytes et des non-électrolytes. La dissociation électrolytique crée, en effet, une démarcation bien nette, qui doit prévenir toute tentative d'une trop intime fusion entre ces deux ordres de phénomènes.

Au huitième chapitre, nous abandonnons la théorie générale des dissolutions pour aborder l'étude de l'électrolyse, dont les principes généraux sont d'abord exposés, en partie dans l'ordre chronologique, en partie en faisant appel aux mesures les plus précises de ces dernières années, pour bien établir la validité de la loi de Faraday. Et c'est à cette science de l'électrolyse, reparue sous une forme nouvelle grâce aux idées d'Arrhenius, de Nernst, de J.-J. Thomson, qu'est consacré le reste de l'ouvrage. De nombreux retours sont faits vers la théorie générale des solutions, sans laquelle l'électrolyse serait en bien des points incompréhensible. L'extension et la généralité que prennent les nouvelles théories ressortent avec évidence notamment du chapitre consacré à l'électricité de contact et à la polarisation, qui, autrefois pouvait être considérée comme un point de départ sur lequel s'échafaudait une science, et qui, maintenant, vient s'agglomérer à d'autres théories avec lesquelles, il n'y a guère qu'un quart de siècle, on ne pouvait lui soupçonner que de très vagues relations.

L'ouvrage se termine par un copieux tableau numérique des propriétés électrochimiques des corps en solution dans l'eau.

Venu à son heure, écrit en une langue précise, allant rapidement au but par l'exposé des principes généraux

appuyé des exemples indispensables à l'intelligence du sujet, mais non point encombré des nombreux cas particuliers traités dans des Mémoires spéciaux, l'ouvrage de M. Whetham sera bien accueilli de tous ceux qu'intéresse cette science des solutions, en vedette de la Physico-chimie, à laquelle aucun physicien, aucun chimiste, aucun physiologiste même ne peut rester étranger sans se trouver bientôt séparé du courant actuel des idées scientifiques.

Ch.-Ed. Guillaume,
Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Taveau (A.) *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Epuration des Eaux d'alimentation de chaudières et Désincrustants**. — 1 *vol. in-16 de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire de* 155 *pages avec* 15 *figures.* (*Prix : broché,* 2 *fr.* 50; *cartonné,* 3 *fr.*) *Gauthier-Villars et G. Masson, Editeurs. Paris,* 1903.

Cette question de l'épuration des eaux d'alimentation de chaudières a pris une importance de plus en plus grande avec le développement de l'industrie. Toute installation mécanique n'a pas à sa disposition des eaux peu chargées en sels de chaux et de magnésie; aussi a-t-on cherché, par des moyens simples et peu coûteux, à améliorer celles que l'on pouvait facilement se procurer.

M. Taveau aura ce mérite d'avoir condensé sous un petit format tous les moyens qu'on peut employer pour précipiter les sels calcaires et magnésiens dans tous les cas qui se présenteront. Il résume le plus complètement possible cette question des désincrustants et, avec juste raison, ne s'attarde pas à signaler un grand nombre de spécialités, prônées dans certains pays et n'ayant pour tout mérite que celui de coûter cher.

Grâce aux moyens rapides d'analyse indiqués par M. Taveau au commencement de son livre, le lecteur pourra passer à l'application et connaître le meilleur moyen d'épurer son eau. Les trois procédés chimique, physique ou mixte ne peuvent être employés indifféremment, et par ce petit ouvrage il est aisé de connaître les cas où l'on doit faire appel à l'un ou l'autre de ces moyens.

M. Taveau aurait peut-être pu insister un peu plus longuement sur la question économique; mais, tel qu'il est, ce livre renferme un très grand nombre de renseignements qui le recommandent tout particulièrement au praticien pour lequel il a été écrit. Les instructions de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur terminent très heureusement cet ouvrage.

F. Dienert,
Chef du Service de surveillance des Sources de la Ville de Paris.

3° Sciences naturelles

Geikie (Sir A.), *Correspondant de l'Institut de France, Directeur général de la Carte géologique de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, etc.* — **Eléments de Géologie sur le terrain** (*Traduit de l'anglais par* O. Chemin, *ancien professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées*). — 1 *vol. de* 268 *pages, avec fig. Ch. Beranger, éditeur. Paris,* 1903.

Parmi les personnes instruites aimant à parcourir la campagne, nombreuses sont celles qui cherchent à s'expliquer les diverses phases par lesquelles a passé une région avant d'acquérir son relief actuel. Toutefois, elles se trouvent absolument désemparées lorsqu'il leur faut appliquer les notions qu'elles ont acquises dans les ouvrages d'enseignement. A ces personnes, ainsi qu'aux débutants en Géologie, nous conseillerons la lecture de l'ouvrage de Sir Archibald Geikie : *Eléments de Géologie sur le terrain*, qui a eu de nombreuses éditions en Angleterre et qui vient d'être mis à la portée des lecteurs français par une très bonne traduction due à M. O. Chemin, ancien professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

M. Geikie, qui a publié de remarquables travaux sur la géologie de l'Angleterre et de l'Ecosse, s'est proposé, nous dit-il, « d'indiquer comment les observations doivent être faites, quel genre de données il faut chercher, quelles sortes de preuves il faut se procurer pour établir une conclusion, et quelles déductions on peut tirer des faits particuliers ». — Il s'est imposé pour but, ajoute-t-il, « de décrire les principales méthodes à l'aide desquelles le géologue récolte ses renseignements sur la nature, la position, l'arrangement et l'histoire des roches d'un pays ».

L'ouvrage est divisé en deux parties : la première a pour objet *le travail au dehors*; la seconde, *le travail à la maison*. Dans la première, de beaucoup la plus importante, l'auteur décrit les instruments nécessaires au géologue, traite de la détermination des roches, de la nature des fossiles, de la structure géologique, des roches ignées, des roches schisteuses et de la géologie de la surface.

Dans la seconde, il indique la manière d'établir les coupes géologiques et il donne quelques notions sur les essais chimiques et mécaniques des roches, ainsi que sur leur examen au microscope.

Nous ne citerons que quelques données ayant trait au « débrouillement » de la structure géologique, aux roches ignées et aux roches schisteuses, ce qui permettra de faire connaître la façon claire et précise dont les faits sont exposés par le savant directeur de la Carte géologique de la Grande-Bretagne.

Comment se procurer des indications sur la disposition souterraine des roches? On les étudiera dans les vallées ou ravins où elles ont été mises à nu par les agents d'érosion. L'affleurement des couches horizontales est, dans ces conditions, le plus souvent tortueux; aussi, quand l'observateur figurera des parties invisibles, il devra tracer des lignes onduleuses semblables à celles qu'il leur voit présenter aux endroits où elles affleurent effectivement.

Les roches stratifiées sont fréquemment inclinées sur l'horizon: cette inclinaison sera mesurée pour sa direction avec la boussole et pour son angle avec le clinomètre. De plus, il ne faudra pas se contenter d'examiner une seule face des roches; il faut aller tout autour d'une coupe, jusqu'à ce que le point ait été déterminé d'une manière satisfaisante. L'étude des couches montre combien le plus souvent le pendage varie; chaque variation amène ordinairement un changement correspondant sur la ligne de direction.

Un fait d'une grande importance dans l'étude d'une région est une jonction discordante ou une *discordance* comme l'appellent les géologues. L'observateur ne devra rien négliger pour reconnaître une pareille structure lorsqu'elle se présente. Il s'efforcera d'établir ce que doivent avoir été les caractères du terrain à l'époque où les roches qui les recouvrent se sont déposées. Des preuves de discordance entre deux groupes de roches pourront encore être fournies par la présence, dans une série, de conglomérats dérivés de roches se présentant dans l'autre.

Non moins utile est l'étude faite par l'auteur des faits ayant trait aux roches *ignées* et aux roches *schisteuses*. Les premières se divisent en roches plutoniennes, quand elles se sont solidifiées dans la profondeur, et en roches volcaniques, quand elles ont fait éruption sur ou près de la surface. Dans ce dernier groupe, elles peuvent être intrusives ou interstratifiées : celles-ci prouvent l'existence antérieure d'ouvertures volcaniques actives dans ou près des localités où elles se rencontrent. Les cônes volcaniques appartenant aux périodes géologiques anciennes ont rarement été conservés. Par contre, il est fréquent de trouver des racines dont la masse supérieure a été enlevée par les dénudations. — Quant aux roches schisteuses, il y a quatre points que le géologue devra avoir constamment en vue : 1° la nature et la distribution des minéraux; 2° les variétés et les alternances des roches; 3° la direc-

tion de la foliation prédominante; 4° la preuve d'écrasement et l'existence de plans de poussée.

Ces quelques citations nous semblent suffire pour prouver l'intérêt que présente ce petit volume, et démontrer combien il sera utile aux étudiants.

J. Révil,
Président de la Société d'histoire naturelle de Savoie.

Mouillefert (P.), *Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.* — **Traité de Sylviculture. I. Principales essences forestières.** — 1 *vol. in*-12 *de* 546 *pages avec* 630 *fig.* (*Prix* : 7 *fr.*) *F. Alcan, éditeur. Paris*, 1903.

M. P. Mouillefert, professeur de Sylviculture à l'Ecole de Grignon, vient de résumer, en un volume de 500 pages, les notions indispensables à tous ceux qui veulent connaître nos essences forestières. C'est là un sujet du plus grand intérêt. L'Etat n'est pas, comme on pourrait le croire, le principal propriétaire des bois de notre pays. Les particuliers en possèdent, environ, 6 millions 500 mille hectares, soit 68 % de la superficie boisée dans la France entière. Le volume de M. Mouillefert peut donc intéresser un très grand nombre de lecteurs, tous ceux qui possèdent ou administrent des forêts, en dehors du personnel de notre corps de Forestiers officiels, qui ont à gérer le domaine de l'Etat et des communes.

Dans une préface étendue et instructive, l'auteur donne des renseignements statistiques sur l'importance de nos forêts, leurs produits, leur rôle au point de vue du régime des eaux et du climat. Ces pages justifient d'avance les développements relatifs à une production qui offre, à tous les points de vue, le plus grand intérêt.

L'ordre d'exposition des données relatives à chaque espèce ligneuse est parfaitement clair; les renseignements abondent et des gravures complètent les indications du texte. — Nous souhaitons à cet ouvrage tout le succès qu'il mérite.

D. Zolla,
Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.

4° Sciences médicales

Sergent (E.) et **Bernard** (L.). — **L'Insuffisance surrénale.** — 1 *vol. in*-16 *de* 200 *pages de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.* (*Prix : broché,* 2 *fr.* 50; *cartonné,* 3 *fr.*) *Masson et Cie et Gauthier-Villars, éditeurs. Paris,* 1903.

La lecture de ce livre, à la fois précis et substantiel, montre bien, d'une part, l'importance des notions acquises par l'expérimentation physiologique dans l'étude des fonctions surrénales, et, d'autre part, combien la Pathologie et la Clinique sont redevables à la Physiologie des progrès accomplis.

Le travail crucial de Brown-Séquard, qui parut un an après l'étude que fit Addison du syndrome auquel son nom reste attaché, n'avait pas entraîné la conviction des physiologistes et des médecins. On est étonné aujourd'hui du peu de fondement des objections et des critiques qui furent adressées au grand physiologiste. C'est que les esprits n'étaient pas préparés à cette notion nouvelle des sécrétions internes et des auto-intoxications qui domine aujourd'hui la Pathologie.

Le moment était plus propice lorsque, en 1891, nous reprîmes, Langlois et moi, l'étude des fonctions surrénales. Les découvertes faites dans le domaine de la Physiologie thyroïdienne permettaient d'apprécier la fécondité de la doctrine des auto-intoxications et des sécrétions internes. Nous avons pu alors établir, au moins dans ses grandes lignes, le rôle des glandes surrénales, organes essentiellement *antitoxiques, destinés à lutter contre la toxhémie consécutive au travail neuro-musculaire.*

Il m'est naturellement très agréable de constater que cette conception ne trouve plus aujourd'hui en face d'elle des contradictions sérieuses. Appuyée par la Physiologie, l'Histophysiologie et la Pathologie, elle est à peu près universellement acceptée.

Les cliniciens firent état de nos expériences, et, dans une remarquable leçon, M. Chauffard, utilisant les données physiologiques nouvelles, prononça le premier, je crois, le mot *d'insuffisance surrénale.*

Comme le font remarquer MM. Sergent et Bernard, cette notion d'insuffisance devient le pivot autour duquel gravite toute l'étude pathologique de l'organe.

Mais ce qu'il est bien nécessaire de distinguer, ce sont les troubles qui résultent des lésions de la glande seule et les cas où ces lésions sont associées à des altérations périglandulaires. Cette distinction, Addison ne l'avait pas faite, et, longtemps encore après lui, on confondit dans une même description les troubles résultant de la lésion glandulaire et ceux qui se compliquent de lésions des plexus nerveux. Or, il faut distinguer deux grandes catégories de syndromes :

1° Le syndrome *addisonien* ou *maladie bronzée*, syndrome complexe résultant de l'association, en proportion plus ou moins variable, des signes capsulaires aux signes péricapsulaires (principalement la *mélanodermie*);

2° Le syndrome non addisonien, ou syndrome *d'insuffisance surrénale pure*, uniquement constitué par un ensemble plus ou moins important de signes capsulaires (principalement *l'asthénie*).

MM. Sergent et Bernard insistent avec raison sur cette distinction, indispensable si l'on veut y voir un peu clair dans la Physiopathologie des glandes surrénales.

D'autre part, au point de vue clinique, l'insuffisance surrénale revêt deux formes principales, suivant qu'elle est *lente*, *subaiguë* ou *aiguë*.

L'insuffisance *lente* a son expression clinique dans les symptômes surrénaux chroniques addisoniens ou non. Dans la maladie d'Addison, elle est associée aux signes d'irritation sympathique dont le plus manifeste est la mélanodermie.

L'insuffisance *aiguë* est caractérisée par les signes capsulaires aigus, groupés par MM. Sergent et Bernard en un syndrome qui évolue sous trois formes principales, suivant qu'il est subaigu, aigu ou foudroyant.

Enfin, au point de vue pathogénique, l'insuffisance surrénale peut être *absolue* ou *relative*, la première supposant la destruction totale de l'organe, la seconde une destruction plus ou moins étendue.

Les syndromes lents sont toujours l'expression clinique d'une insuffisance relative.

Les syndromes aigus résultent d'une insuffisance absolue (surrénalites aiguës, hémorragies) ou d'une insuffisance relative. Dans ce dernier cas, pour qu'ils se manifestent, il faut que survienne une intoxication surajoutée (maladies infectieuses, intoxications, travail musculaire exagéré).

Le traitement opothérapique de ces troubles a donné des résultats très divers. Ceci tient, je crois, à ce que la neutralisation des toxines se fait dans la glande elle-même par une synthèse dont un des produits est la fameuse adrénaline encore mal connue chimiquement. Mais ce n'est qu'une opinion personnelle, et je n'aurais garde d'insister sur ce point.

Pour en revenir au livre de MM. Sergent et Bernard, les auteurs ont eu le grand mérite, grâce à leur sens clinique et à leur excellente culture physiologique, d'éclairer d'une bonne lumière une question encore si obscure et si embrouillée.

J.-E. Abelous,
Professeur de Physiologie à l'Université de Toulouse.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 2 Novembre 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **W. de Tannenberg** indique une forme particulière des équations des courbes gauches à torsion constante, qui permet d'en déduire une construction géométrique de ces courbes. — M. **Em. Borel** démontre le théorème suivant : Pour qu'une classe de séries de Taylor soit singulière, il suffit que cette classe renferme une sous-classe propre S ayant la propriété suivante : une série arbitraire de cette sous-classe S étant donnée, il est possible, sans changer son cercle de convergence, de la compléter de manière qu'elle n'admette plus sur ce cercle qu'un nombre limité de points singuliers. — M. **E. Lindelöf** établit le théorème suivant : Soit (P) un ensemble quelconque situé dans l'espace C*n* et, de chaque point P comme centre, construisons une sphère S_P d'un rayon ρ_P qui pourra varier d'un point à l'autre; il est possible de choisir une infinité dénombrable de ces sphères, de telle sorte que tout point de l'ensemble donné soit intérieur, au moins, à l'une d'elles. — M. **P. Ditisheim** a constaté que la marche des chronomètres est sensible à la pression atmosphérique et que les variations sont à peu près proportionnelles à cette pression; on peut compenser l'action de la pression en créant un défaut suffisant d'isochronisme. — M. **Ch. Ed. Guillaume** pense que la cause de l'effet principal du phénomène observé par M. Ditisheim réside dans l'entraînement par le balancier de l'air, dont la quantité et la viscosité augmentent avec la pression.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **Th. Moureaux** a observé la perturbation magnétique très intense qui s'est produite le 31 octobre; elle a coïncidé avec le passage au méridien central d'un groupe important de taches solaires. — M. **R. Blondlot** a observé que la lumière diffusée par une bande de papier blanc (et provenant d'une source extérieure) est accrue par l'action des rayons *n*; ceux-ci auraient une influence sur la réflexion de la lumière. — MM. **Constant** et **Henri Pélabon** ont étudié les dépôts de carbone filamenteux ou laine de carbone qui se produisent dans les fours à coke ouverts. Ces filaments ont de 5 à 8 centimètres de longueur et 0,03 à 0mm,15 d'épaisseur; ils paraissent être oxydés par l'acide nitrique et le chlorate de potasse en oxyde graphitique. — M. **H. Causse** sépare et dose le fer et l'acide phosphorique contenus dans les eaux au moyen du chloromercurate de *p*-amidobenzènesulfonate de sodium, qui précipite le fer à l'état de sesquioxyde et l'acide phosphorique sous forme de phosphate de mercure. — M. **F. Bodroux**, en faisant réagir l'acide carbonique sur les bromures de *p*-chlorophénylmagnésium et de *p*-bromophénylmagnésium, a obtenu un acide benzoïque monosubstitué et un dérivé dihalogéné symétrique de la benzophénone; ce dernier prédomine à l'ébullition. — M. **P. Freundler** a employé la pyridine pour la préparation de quelques dérivés amidés. — M. **L. Meunier** a constaté que l'action des organomagnésiens mixtes sur le malonate d'éthyle porte d'abord sur le groupement $CH^2=$, puis ensuite sur les fonctions éther-sel, tandis que l'action de Mg à l'état d'amalgame sur le même composé n'atteint que le groupement $CH^2=$. — M. **H. Fournier** a préparé l'aldéhyde *o*-toluique à l'état pur en oxydant l'alcool correspondant par le bichromate de potassium et l'acide sulfurique. — MM. **R. Lépine** et **Boulud** ont reconnu que le sucre virtuel est, le plus souvent, plus abondant dans le sang du ventricule droit que dans le sang artériel, et plus abondant dans celui-ci que dans le sang des veines. Il peut se produire du sucre dans les capillaires de la grande circulation aux dépens de ce sucre virtuel. — MM. **J. Wolff** et **A. Fernbach** ont trouvé, dans les graines de céréales vertes ou mures, une substance possédant la propriété de précipiter l'amidon soluble de ses solutions. C'est probablement une diastase; ils la nomment *amylo-coagulase*. — M. **Balland** a constaté que, dans les farines fraiches, les matières grasses sont constituées par une huile très fluide et des acides gras solides. Avec le temps, l'huile va en disparaissant, tandis que les acides gras augmentent.

3° SCIENCES NATURELLES. — MM. **V. Henri** et **S. Lalou** : La régulation osmotique des liquides internes chez les Echinodermes (voir 1172 p.). — M. **E. Yung** a reconnu que l'Escargot sent les odeurs par toute sa peau; toutefois, la sensibilité olfactive est plus vive sur les tentacules que sur le dos. — M. **Y. Delage** a constaté que les sphéridies enlevées chez les Oursins ne se sont pas régénérées, au moins dans un délai de trois mois. — M. **E. Laurent** a étudié l'influence de l'alimentation minérale sur la production des sexes chez l'Epinard. Un excès d'engrais azotés ou de chaux donne plus de pieds mâles; la potasse et l'acide phosphorique augmentent le nombre des pieds femelles. Un excès d'engrais azotés prédispose les graines produites à donner plus de pieds femelles; un excès de potasse, de chaux ou d'acide phosphorique a une influence contraire sur les graines.

Séance du 9 Novembre 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Rabut** communique ses recherches sur la détermination des figures invariantes des transformations cycliques. — M. **S. Pincherle** indique une méthode qui permet de représenter par approximation une fonction analytique quelconque, régulière dans le domaine $/x/ > R$, par une fonction de la forme $P + \sqrt{Q}$, où P et Q sont des fonctions rationnelles. — M. **A. de Saint-Germain** généralise la propriété fondamentale du potentiel. — M. **H. de la Vaulx** a démontré pratiquement l'utilité du ballonnet à air, qui permet à l'aéronaute de se rendre maître de la zone de navigation. Il l'abaisse en introduisant de l'air dans le ballonnet ou l'élève en évacuant une portion de cet air.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **F. Quénisset** a observé le 31 octobre, jour de la grande perturbation magnétique, d'immenses facules sur le Soleil, facules auxquelles il attribue, plutôt qu'aux taches, la cause de ce phénomène. — M. **J. Thoulet** a étudié la transparence de la mer en fonction des sédiments qu'elle tient en suspension et en déduit une méthode pour le dosage de ces derniers. — M. **R. Blondlot** a remarqué que certains corps ont la propriété d'emmagasiner les rayons *n* qui les frappent pour les émettre ensuite à nouveau. — M. **Th. Tommasina** communique ses expériences sur la scintillation des écrans soumis au rayonnement du radium, lesquelles semblent montrer que le phénomène lumineux consiste en une production irrégulière de petites décharges électriques là où se produisent les modifications des clivages des cristaux de l'écran. — M. **Ch. Fabry** propose d'utiliser, pour la photométrie hétérochrome, un étalon secondaire de même teinte que la lumière à mesurer, obtenu en interposant devant un étalon à flamme des milieux absorbants convenables. — M. **E. Bouty** a étudié la cohésion diélectrique des gaz à basse température; elle ne varie pas de 1/100 entre $-100°$ et $+200°$. — M. **E. Ariès** démontre qu'à température constante le changement

chimique qui se produit sous une augmentation de pression est celui qui entraîne une condensation de la matière. A pression constante, le changement qui se produit sous une augmentation de température est celui qui absorbe de la chaleur. — MM. **H. Baubigny** et **P. Rivals** séparent et dosent l'iode dans un mélange de chlorures, bromures et iodures en précipitant par un excès de sulfate de cuivre, puis en ajoutant un arsénite alcalin et un sel ferreux; dans ces conditions, tout l'iode se sépare à l'état de Cu^2I^2. — M. **A. Kling** a observé que, dans la réaction avec les organo-magnésiens, l'acétol anhydre ou ses éthers-sels anhydres se comportent comme des composés cétoniques et non comme des composés éthers-oxydes internes. — M. **L. Jolly** a constaté qu'il existe naturellement de l'alcool en très minime proportion dans le sang; les globules sanguins dédoublent une certaine quantité de glucose en alcool et transforment une partie de cet alcool en acide acétique par oxydation. — M. **V. Henri** a étudié l'action des ferments amylolytiques et protéolytiques de l'*Octopus vulgaris*, de la *Sepia officinalis*, du *Spatangus purpureus* et de la *Salpa africana*.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Pizon** a étudié l'évolution des Diplosomidés. Tout ascidiozoïde nouveau se forme par l'association d'une masse thoracique fille avec la masse abdominale maternelle, ou bien par l'association de la masse thoracique maternelle avec une masse viscérale fille. — M. **P. Wintrebert** a constaté que les membres postérieurs des Urodèles, soustraits à l'influence nerveuse, présentent une régénération qui suit la même voie que l'ontogénèse; le pied est simplement petit, maigre et atrophié. — M. **L. Daniel** a observé un hybride de greffe sur de vieux poiriers greffés sur coignassiers. — MM. **Aug. Daguillon** et **H. Coupin** ont remarqué, chez les nectaires extrafloraux des *Hevea* : 1° La présence d'une sorte d'anneau de parenchyme scléreux à l'intérieur du bourrelet qui circonscrit la surface glandulaire; 2° La distribution et la terminaison des laticifères dans le parenchyme adjacent à cette surface et jusque entre les cellules de l'épiderme sécréteur. — M. **R. Maire** a étudié une Ascomycète, la *Galactinia succosa*. La formation de l'asque y est semblable à celle d'une baside.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 *Novembre* 1903.

M. **L.-G. Richelot** présente le Rapport sur le concours pour le prix Tremblay. — M. **Hallopeau** a examiné la revendication de priorité du Dr **Hamonic** relative à la syphilisation du singe. Les manifestations observées par cet auteur à la suite de l'inoculation de liquide chancreux ne paraissent pas suffisamment spécifiques, et l'expérience aurait besoin d'être répétée. — M. **Huchard** présente un Rapport sur un Mémoire de M. **J. Pawinski** relatif à l'angine de poitrine infectieuse. L'origine de cette affection serait attribuable à l'influence, sur les nerfs sensitifs du cœur, des toxines qui se développent au cours des maladies infectieuses. — M. **Chauvel** constate que le nombre des opérations pratiquées pour appendicite dans nos hôpitaux militaires n'a pas cessé de s'accroître depuis sept ans (de 49 en 1897, il a passé à 188 en 1902); la mortalité post-opératoire a varié de 11,5 à 20,7 %; dans l'ensemble, elle s'est abaissée pendant les deux dernières années. Parmi les troupes d'origine française ou européenne, la morbidité par appendicite est beaucoup plus faible (moitié environ) en Algérie et en Tunisie que dans nos garnisons de France; elle est plus rare encore chez les soldats indigènes (un dixième). Cette rareté paraît être le résultat d'un régime presque végétarien et d'un climat sec et chaud. — M. **Kermorgant** signale une épidémie qui vient de sévir sur les chevaux à Hatien (Cochinchine) et qui n'est autre que le Surra.

Séance du 10 *Novembre* 1903.

MM. **Raymond**, **A. Robin** et **Chantemesse** présentent successivement leurs Rapports sur les concours pour les prix Herpin, Capuron, Vernois et Pourat. — L'Académie adopte les conclusions du Rapport relatif à l'alimentation des garnisons en eau potable (voir p. 1122). — M. **Phocas** lit une observation d'anévrisme faux consécutif de l'artère fémorale, guéri par ligature de l'iliaque externe. — M. **Retterer** donne lecture d'un Mémoire sur la genèse et l'évolution de quelques néoplasies expérimentales.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 31 *Octobre* 1903.

M. **A. Giard** a déterminé les Vers parasites des huîtres auxquels M. Seurat attribue la formation des perles; ce sont des Cestodes. — Le même auteur pense que la production artificielle des perles par infestation artificielle n'a pas encore été démontrée scientiquement. — MM. **J. Sabrazès** et **L. Muratet** ont provoqué, par injections successives d'essence de térébenthine sous la peau du chien, des abcès aseptiques répétés, sans que l'animal paraisse acquérir une sorte d'immunisation. — M. **Gellé** emploie une lame très mince d'aluminium comme écran dans l'examen des cavités de la face au moyen de lumières très puissantes, l'aluminium absorbant une grande partie du rayonnement calorifique. — M. **M. Nicloux** pense que les objections de M. Mouneyrat ne prouvent pas la non-existence de glycérine libre dans le sang. — MM. **A. Billet** et **G. Carpanetti** ont déterminé les Culicides de la ville de Bône et de ses environs; les *Anopheles*, inconnus dans la ville même, sont de plus en plus nombreux à mesure qu'on s'en éloigne. — MM. **Léon Bernard** et **M. Salomon** ont étudié les lésion du rein provoquées par l'extrait chloroformique du bacille tuberculeux. Il y a d'abord une hémorragie, puis une infiltration leucocytaire et formation d'un foyer scléreux avec quelques nodules caséeux. — M. **G. Loisel** a constaté que tous les organes sont plus lourds dans le foetus femelle que dans le fœtus mâle jusque vers le 4e mois ; la prédominance passe ensuite au mâle, mais seulement pour les poumons et les organes de la vie de relation. Du 3e au 6e mois, la croissance des organes marche par poussées successives, qui vont en diminuant d'intensité au fur et à mesure que l'organisme se complique; la somme des activités de croissance est plus grande chez le mâle que chez la femelle. — M. **E. Laguesse** montre que le tissu conjonctif lâche est un feutrage constitué par l'entrecroisement et l'anastomose de rubans et de membranules amorphes, dont les interstices sont imbibés de lymphe interstitielle. — MM. **V. Henri** et **S. Lalou** établissent que le milieu interne et le milieu extérieur des Oursins sont séparés par des membranes semi-perméables au travers desquelles la régulation se fait par osmose pure sans phénomènes de diffusion. Chez les Holothuries, la membrane du poumon aqueux, celle de la vésicule de Poli et celle du tube digestif sont des membranes semi-perméables parfaites. — M. **V. Henri** a observé que le passage de l'eau dans le siphon intestinal des Oursins est dû à des contractions propres de ce siphon. — MM. **J.-A Sicard** et **Ch. Infroit** ont étudié la motricité du tube digestif en faisant absorber aux sujets des gélules de sous-nitrate de bismuth enfermé dans une enveloppe de collodion et en suivant les mouvements de ces gélules par la radiographie. — M. **L. Monfet** décrit un procédé de dosage de l'indican dans l'urine. — MM. **P. Armand-Delille** et **André Meyer** n'ont pu constater par aucune méthode, chez des lapins ayant séjourné de deux à sept semaines à 2.000 mètres, des modifications appréciables du sang dans un sens ou dans l'autre. — MM. **A. Chassevant** et **M. Garnier** ont observé que la toxicité des homologues du benzène dépend à la fois du poids moléculaire, du nombre des substitutions et de leur position; chez des isomères à

poids moléculaire égal, le dérivé monosubstitué est le plus toxique; le dérivé ortho est le moins toxique. — M. **Ed. Claparède** a observé des cas de persistance de l'audition colorée pendant plusieurs années; ce fait montre que l'audition colorée n'est pas, au moins chez certains sujets, une connexion d'images superficielle et légère, mais le résultat d'une association privilégiée ou d'une liaison effective. — MM. **E. Marchoux** et **A. Salimbeni** ont observé chez des singes une épidémie de polynévrite comparable au beri-beri et provenant d'une alimentation exclusive au riz bouilli. La substitution du maïs cuit au riz a rétabli la santé des animaux.

Séance du 6 Novembre 1903.

MM **G. Delamare** et **P. Lecène** signalent deux cas de lithiase mammaire chez la femme. — M. **N. Gréhant** communique la courbe complète de la proportion d'alcool dans le sang après ingestion dans l'estomac d'un volume mesuré de ce liquide. — M. **F. Potier** a étudié la réaction cellulaire du tissu lymphoïde dans les infections chroniques. — M. **E. Apert** signale un cas de floraison d'automne déterminée par la destruction des feuillages par les cantharides. — M. **J. Jolly** a a observé une persistance de la multiplication des cellules animales *in vitro* pendant un temps beaucoup plus considérable qu'on aurait pu le supposer *a priori*. — M. **Ch.-A. François-Frank** montre que l'excitation du segment central des nerfs ciliaires mixtes, entre leur point de pénétration dans la sclérotique et le ganglion ophtalmique, produit la dilatation ou le resserrement réflexe de la pupille suivant qu'elle s'adresse aux filets qui contiennent, comme éléments centrifuges prédominants, les irido-dilatateurs dans le premier cas, les irido-constricteurs dans l'autre. Le ganglion ophtalmique sert de centre de réflexion dans la production du réflexe irido-dilatateur. — M. **A. Latapie** a obtenu, par inoculation répétée du bacille de Pfeiffer chez la chèvre, un sérum actif contre ce bacille. — M. **J. Lefèvre** décrit un nouveau calorimètre à double compensation destiné à des recherches physiologiques. — M. **L. Monfet** montre que toutes les fois que la diazo-réaction est positive dans l'urine, c'est que ce liquide renferme en proportion exagérée les dérivés conjugués de l'indol et du scatol et, par suite, qu'il y a aussi exagération du processus des fermentations putrides. — M. **C. Fleig** montre l'intervention d'un processus humoral dans la sécrétion pancréatique par action de l'alcool sur la muqueuse intestinale; il se formerait une substance dite *éthylocrinine*, analogue à la sécrétine. — M. **E. Maurel** a reconnu que l'organisme ne perd pas moins de 0,08 à 0,09 gr. d'azote par kilog. par la voie urinaire; les quantités de 0,85 à 1 gr. d'azotés doivent être considérées comme correspondant aux dépenses totales de l'organisme en azote pour la fixation des rations. L'adulte, dans les conditions normales, peut se suffire avec 0,06 gr. de potasse par kilog. de son poids; la quantité de 0,07 gr. paraît pouvoir suffire au nourrisson, non seulement pour assurer son entretien, mais même sa croissance. — M. **F.-J. Bosc** montre que les lésions déterminées par le virus rabique dans le système nerveux central sont identiques à celles de la clavelée; ces lésions sont spécifiques d'une espèce de virus, dont l'agent serait un sporozoaire. — M. **J. Lépine** a observé qu'après injection de glucose chez le cobaye, le pancréas ne subit pas de lésions; les îlots diminuent simplement de volume. Dans les cas de glycosurie de longue durée, le pancréas, au contraire, est modifié. — MM. **R. Lépine** et **Boulud** ont étudié une glycosurie uranique, qui paraît très analogue à la glycosurie phloridzique. — M. **A. Marie**, en filtrant du virus rabique au travers d'une bougie Berkefeld et inoculant le filtrat dans la veine auriculaire de lapins, a obtenu l'immunisation de ceux-ci contre une injection de virus fixe dans l'œil. — M. **G. Rosenthal** indique une méthode de transformation progressive des microbes anaérobies stricts en microbes aérobies. — M. **C. Hervieux** conclut de ses recherches que l'indican existe dans l'urine, non pas sous forme de glycoconjugué, mais sous forme de sulfoconjugué. — M. **Lemierre** décrit un procédé simple d'ensemencement du sang, basé sur l'emploi du sang du malade lui-même comme milieu de culture. — M. **V. Balthazard** met en évidence l'intervention des leucocytes dans la lutte contre les injections de toxine typhique. — MM. **A. Gilbert** et **P. Lereboullet** ont reconnu deux sortes d'angine de poitrine biliaire; les unes sont un simple trouble fonctionnel relevant surtout de la neurasthénie biliaire; dans les autres, il semble y avoir une névrite du plexus cardiaque due à la toxi-infection biliaire. — MM. **A. Gilbert** et **M. Garnier** ont étudié les foies gras de canard et d'oie; ils semblent identiques au microscope, mais le foie du canard est plus léger que l'eau, celui de l'oie plus lourd. — M. **H. Vincent** montre que la pleurésie survenue chez un typhique doit parfois être considérée comme suspecte et comme relevant d'une infection éberthique surajoutée, appelée par une infection tuberculeuse préexistante. — MM. **L. Bernard** et **M. Salomon** ont étudié les lésions des reins provoquées par l'extrait éthéré du bacille tuberculeux. Il y a d'abord hémorragie, puis nécrose du parenchyme rénal et infiltration tuberculeuse.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 23 Octobre 1903.

M. **Chree** a montré que la flexion du barreau dévié d'un magnétomètre ordinaire, sous le poids combiné du barreau et de sa charge, doit augmenter d'une quantité non négligeable la distance entre les aimants déviateur et dévié pendant la détermination d'une force horizontale. L'auteur indique une méthode simple pour mesurer l'influence de cette flexion. Le magnétomètre est placé exactement comme dans une expérience ordinaire de déviation, l'aimant déviant étant placé sur son équipage en une position convenable sur le barreau dévié; puis des poids égaux sont pendus symétriquement à chaque bras. L'augmentation de distance entre les deux aimants qui en résulte diminue légèrement la force déviante de l'aimant dévié, et l'on observe une petite variation de lecture dans le télescope du magnétomètre. On enlève les poids et l'on fait une nouvelle lecture; de la différence des lectures on peut déduire l'augmentation de distance des deux aimants. Pour quelques magnétomètres étudiés, la flexion augmentait cette distance d'environ 1/10.000^e. — M. **G. Allan** a déterminé, au moyen d'un magnétomètre, les propriétés magnétiques de morceaux de basalte à des températures allant de 15° à 800° C. Le basalte anglais a, en général, une perméabilité maximum vers 550° C., suivie d'un minimum vers 500° C.; la température de perméabilité maximum du basalte allemand est d'environ 50° C.; elle diminue ensuite graduellement avec l'élévation de température.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Communications reçues pendant les vacances.

M. **T. Kametaka** a trouvé que l'acide élaeomargarique de l'huile d'*Elaeococca vernicia* répond à la formule $C^{18}H^{32}O^2$; il donne un produit d'addition tétrabromé et, par oxydation, l'acide sativique $C^{18}H^{32}(OH)^4O^2$. — M. **R.-M. Caven** a préparé un certain nombre d'amidines phosphoriques RAzH.PO : AzR par élimination d'HCl des chlorures de diarylaminophosphoryle. — M. **H.-E. Armstrong** représente la combustion comme un phénomène d'électrolyse ayant lieu dans un circuit composé de la substance oxydable, d'eau conductrice et d'oxygène. — M. **E. Goulding** a déterminé les constituants de l'huile volatile de l'écorce de *Cinamomum pedatinervium* de Fiji; ce sont : 1° un terpène $C^{10}H^{16}$, $[\alpha]_D = -17°,72$; 2° du linalol; 3° du safrol; 4° de l'eugénol; 5° l'éther méthylique de l'eugénol. — M. **S. Ruheman** a constaté que l'éther monométhylique du

résorcinol se condense avec le chlorofumarate d'éthyle pour donner un dérivé du cétocoumarane, le diméthoxybisbenzaronyle. Le phénylpropiolate d'éthyle se condense avec le même éther pour donner du *m*-méthoxyphénoxystyrène. — M. **D.-R. Boyd** a étudié l'action du trichlorure de phosphore sur les éthers aromatiques du glycérol. — MM. **M. Barrowcliff** et **F.-S. Kipping** ont essayé sans succès de dédoubler en deux isomères les sels d'éthylpropylpipéridinium. — MM. **A.-E. Hunter** et **F.-S. Kipping** n'ont pas mieux réussi avec les sels de la *d* et de la *l*-α-phényléthylamine. — MM. **J. Sudborough** et **K.-J. Thompson** ont obtenu de petites quantités d'acide β-bromoallocinnamique par l'action des alcalis sur le dibromure d'acide cinnamique; en solution aqueuse, HBr réagit sur l'acide phénylpropiolique pour donner un mélange d'acides β-bromo et β-bromoallo-cinnamiques. — M. **E.-P. Perman** a déterminé les pressions partielles de AzH^3 et de la vapeur d'eau émises par une solution aqueuse d'ammoniaque; la somme des pressions partielles est égale à la pression totale mesurée par la méthode statique. — MM. **R. Meldola**, **J. V. Eyre** et **J. H. Lane** ont préparé à l'état libre l'éthényltriaminonaphtalène $C^{12}H^{11}Az^3$, donnant des hydrates complexes avec 9 1/2, 3 1/2 et 1 1/2 H^2O et de nombreux sels. Par élimination d'un groupe AzH^3, on obtient la base $C^{12}H^{10}Az^2.H^2O$, dont on a préparé aussi plusieurs sels. — MM. **A. G. Green** et **A. G. Perkin** ont étudié les acides polythiosulfoniques des *p*-diamines, en particulier $C^6H^2(AzH^2)^2(S.SO^3H)^2$ et $C^6(AzH^2)^2(S.SO^3H)^4$. Le premier donne avec l'acide nitreux un bisdiazosulfure stable $C^6H^2(Az^2S)^2$. Les deux, bouillis avec de l'eau, fournissent des bases sulfurées $C^6H^2(AzH^2)^2S^2$ et $C^6(AzH^2)^2S^4$, solubles dans les sulfures. — MM. **J. B. Cohen** et **S. H. C. Briggs** ont déterminé la rotation des éthers menthyliques des acides chlorobenzoïques isomères. La diminution maximum de la rotation est obtenue quand l'halogène est en ortho par rapport à COOH. — M. **E. J. Russell** a étudié la réaction entre le phosphore et l'oxygène. La présence d'une faible quantité d'eau est nécessaire. D'abord l'oxydation est lente et accompagnée d'une faible luminescence; puis, quand la pression est tombée au-dessous de 500 millimètres, elle s'accélère jusqu'à complète disparition de l'O. Dans un air très humide, l'oxydation est plus lente; il se forme de l'ozone et H^2O^2. — MM. **R. S. Morrell** et **J. M. Crofts**, en ajoutant du peroxyde d'hydrogène à l'arabinose et au rhamnose en présence de sulfate ferreux, ont obtenu les osones correspondantes. Avec le glucose et le fructose, on a obtenu les acides glyoxylique, glycolique et trihydroxybutyrique. — MM. **R. S. Morrell** et **A. E. Bellars** ont préparé le benzylidène-aniline-acétoacétate d'éthyle, F. 78°-80°. — M. **E. F. Armstrong** a transformé, au moyen d'enzymes, les α et β-alkylglucosides stéréoisomères dans les glucoses correspondants; le glucose a une structure lactonique et consiste, en solution, en un mélange de deux lactones stéréoisomères. — M. **B. D. Steele** a étudié, au point de vue dynamique, la réaction de Friedel et Crafts; il confirme l'explication donnée par Perrier et Boeseken. En présence d'un excès de l'agent de condensation, la réaction, de monomoléculaire qu'elle était, devient bimoléculaire.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 28 Octobre 1903.

M. **G. Beilby** communique ses recherches sur la structure de la surface des solides, qui l'amènent aux conclusions suivantes : 1° Les opérations du coupage, de l'affilage, de l'émoulage et du polissage produisent, sur la surface des solides, une couche mince qui est, à plusieurs égards, essentiellement différente du corps général situé au-dessous; 2° Cette pellicule superficielle résulte d'une certaine mobilité conférée à une couche mince de molécules par l'outil ou l'agent polisseur se déplaçant sur la surface; 3° Dans cette condition mobile, la pellicule de molécules solides se comporte comme un liquide et est soumise à l'action de la tension superficielle; 4° Si ces propositions sont établies, il s'ensuit qu'une surface vraiment polie est telle que, jusqu'à une minime profondeur, la substance a été liquéfiée, puis nivelée par l'action de la tension superficielle; 5° La chaleur et les solvants peuvent conférer aux molécules des solides une mobilité suffisante pour permettre à des pellicules minces ou à d'autres portions minimes du solide de se comporter comme un liquide; 6° Dans l'agrégation des molécules d'un solide, il y a une certaine dimension de l'agrégat jusqu'à laquelle sa forme est commandée par la tension superficielle; passé ce point, la force cristallisante agit dans sa plénitude; 7° Les métaux sont les corps les plus opaques que nous connaissions; néanmoins, leur substance est intrinsèquement transparente; 8° L'apparence spiculaire qu'offre souvent au microscope la surface des métaux ou d'autres solides vus en lumière réfléchie obliquement est due à une texture granulaire de la pellicule translucide mince qui recouvre la surface; 9° Cette texture granulaire résulte totalement ou partiellement de l'action de la tension superficielle sur la couche superficielle de molécules quand elles sont à l'état mobile.

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 8 Octobre 1903.

M. **J. T. Dunn** retrace la vie et l'œuvre de John Glover, l'inventeur de la tour qui porte ce nom.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 23 Octobre 1903.

MM. **J. G. Parker** et **F. A. Blockey** ont déterminé la valeur tannante relative des diverses espèces de myrobalanes, fruits séchés des *Terminalia*. Les myrobalanes de Bhimley développent le plus d'acides, tandis que ceux de Jubblepore et de Vingorlas donnent le plus de fleur. Ceux de Bhimley produisent le cuir le mieux coloré et renferment la plus forte proportion de matière tannante. — MM. **J. G. Parker** et **F. Leech** ont étudié la valeur tannante relative des valonias de Grèce et de Smyrne, cupules des glands du *Quercus aegilops*. Celle de la variété de Smyrne est considérablement plus grande que celle de la variété grecque; la couleur du cuir est bien meilleure dans tous les cas. — M. **Ch. Lamb** a étudié la solidité à la lumière de cuirs teints avec des couleurs de la houille mélangées. En général, l'effacement des teintes se produit avec la même vitesse que sur les cuirs teints avec l'une ou l'autre des deux couleurs qui composent le mélange.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 15 Octobre 1903.

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Czuber** : La théorie des groupes à un membre dans le plan et ses rapports avec les équations différentielles ordinaires du premier ordre.

2° Sciences physiques. — M. **P. F. Schwab** : Les observations de tremblements de terre à Kremsmunster en 1902. — M. **W. Laska** : Les observations sismologiques à Lemberg en 1902. — M. **P. K. Puschl** : Sur la loi de Dulong et Petit. — MM. **E. Donath** et **F. Bräunlich** : Etude chimique des charbons fossiles. — M. **F. Bauer** a constaté que le butanediol obtenu par réduction de l'acétaldol fournit, par ébullition avec l'acide sulfurique dilué, de petites quantités d'aldéhyde butyrique et de méthyléthylcétone, mais surtout un aldéhyde non saturé $C^8H^{14}O$ et un produit $C^{12}H^{20}O$. Eb. 195°-200° sous 20 millimètres. — M. **E. Kadiera** montre que, dans la réaction précédente, l'aldéhyde butyrique, qui devrait être le produit normal, se condense dans

l'aldéhyde $C^8H^{14}O$; il se forme, en outre, comme produit accessoire, de l'éthylène.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. J. Hofbauer** a reconnu que les villosités du chorion absorbent la graisse du sang maternel, qui, par des voies déterminées, parvient ensuite dans les vaisseaux lymphatiques et sanguins du placenta. — **M. G. Gaertner** propose une nouvelle méthode pour déterminer la pression sanguine dans l'oreillette droite de l'homme. Elle repose sur la relation particulière qui existe entre l'état d'extension ou de relâchement des veines du bras qui s'élève ou s'abaisse lentement et la pression du sang dans l'oreillette droite. — **M. M. Probst** : Contribution à l'étude de la sclérose latérale amyotrophique dans ses rapports avec les modifications cérébrales cliniques et anatomo-pathologiques, et à l'étude de la paralysie progressive.

Séance du 22 Octobre 1903.

1° SCIENCES PHYSIQUES. — **MM. J. M. Eder** et **E. Valenta** : L'invariabilité des longueurs d'onde dans les spectres d'arc et d'étincelle du zinc. — **M. F. von Hemmelmayr**, par l'action de l'acide nitrique sur l'acide β-résorcylique, a obtenu principalement de l'acide β-mononitrorésorcylique et de l'acide styphnique. Le premier est un acide tribasique, dont les sels neutres sont décomposés par CO^2. Le sel neutre de Na ou de Ba, traité par un excès de CH^3I en présence d'alcool méthylique et de méthylate de soude, fournit l'éther méthylique de l'acide et l'éther diméthylique : $C^6H^2(CO^2Na)(ONa)^2AzO^2 + 2CH^3OH + CH^3I = C^6H^2(CO^2CH^3)(OH)^2AzO^2 + 2CH^3ONa + NaI$; $CH^3ONa + CH^3I = (CH^3)^2O + NaI$. L'acide est réduit par HCl + Zn en acide amido-β-résorcylique.

2° SCIENCES NATURELLES. — **M. L. Réthi** a étudié l'innervation des glandes palatines chez de jeunes animaux. Il a obtenu la sécrétion par l'excitation du sympathique du cou et de l'origine du facial. — **M. K. Toldt** communique ses recherches sur la division transversale de l'os malaire chez l'homme et chez le singe et sur les autres particularités qu'il présente. — **M. A. Handlirsch**, à la suite de ses études sur les Insectes fossiles des formations paléozoïques, est amené à établir un nouveau système phylogénétique des Insectes. Ire classe : Collemboles ; IIe classe : Campodéoïdées; IIIe classe : Thysanoures; IVe classe : Ptérygogénées ; *a*) Orthoptéroïdes ; *b*) Blattiformes; *c*) Hyménoptéroïdes; *d*) Coléoptéroïdes; *e*) Embioïdes; *f*) Perloïdes; *g*) Libelluloïdes; *h*) Ephéméroïdes; *i*) Neuroptéroïdes; *j*) Panorpoïdes; *k*) Hémiptéroïdes. Parmi les sous-classes des Ptérygogénées, les Hyménoptéroïdes et les Coléoptéroïdes sont de vieux rameaux très métamorphosés des Blattoïdes, tandis que les autres sous-classes proviennent directement des Paléodictyoptères paléozoïques. — **M. J. Schiller** : Recherches sur les formations stipulaires. — **Mme E. Lampa** : Recherches sur quelques Hépatiques (II). — **M. F. Berwerth** a étudié une eutrite météorique tombée le 24 octobre 1899 à Paramiho (Afrique orientale allemande). Elle est composée d'un mélange d'environ 30 °/₀ d'anorthite et 70 °/₀ de pyroxènes (hypersthène principalement).

L. BRUNET.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 26 Septembre (suite).

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. W.-H. Julius** : *Explication de la périodicité des phénomènes solaires et de la périodicité correspondante de la variation des éléments météorologiques et des éléments du magnétisme terrestre à l'aide de la dispersion de la lumière.* Toute l'Astronomie physique s'appuie sur l'hypothèse que les lois de la Nature déduites des phénomènes terrestres sont également applicables aux autres corps célestes. On n'hésite point à appliquer au Soleil et aux comètes, aux nébuleuses et aux étoiles doubles, les résultats de la Thermodynamique, de l'analyse spectrale, de la théorie des électrons; ce serait un caprice indéfendable que de faire une exception en ce qui concerne notre connaissance de la réfraction et de la dispersion de la lumière dans les masses de densité optique variable. En se bornant à admettre qu'à la surface et à proximité du Soleil la lumière se propage en ligne droite, on se place à un point de vue tout à fait insoutenable. Des recherches récentes (O. Lummer, E. Pringsheim, H. Ebert, A. Schmidt) affirment de plus en plus que c'est une propriété générale de la matière de causer des dispersions anormales. Même les gaz rares, de densité hétérogène, donnent à quelques espèces de rayons de lumière des déviations assez considérables. Toutes les conclusions tirées par MM. Young, Lockyer, etc. sur l'épaisseur des différentes couches concentriques de l'atmosphère solaire, les vitesses des protubérances, les mouvements dans les taches solaires, la dissociation des éléments sur le Soleil, etc., doivent être abandonnées, tant qu'elles s'appuient sur l'opinion erronée que les objets se trouvent dans la direction où nous les voyons. M. A. Schmidt a même démontré que le contour apparent circulaire du disque solaire ne prouve pas que le Soleil ait la forme d'une sphère; à cause de la propagation curviligne de la lumière, une masse gazeuse lumineuse s'écoulant d'une manière continue pourrait se présenter sous forme de disque limité. Donc, l'hypothèse que le Soleil est une masse gazeuse illimitée peut être admise. En admettant les lois de la dispersion anomale, l'auteur a essayé de donner des explications cohérentes d'à peu près tous les phénomènes lumineux observés sur le Soleil et à sa proximité. Dans sa communication, il résume et complète ces recherches. Sommaire : Introduction. 1° Trajectoire de la projection de la Terre sur le Soleil. Origine de la période de onze années; 2° La variabilité du rayonnement solaire; 3° Les variations périodiques dans l'apparence du Soleil. Taches et facules. Protubérances; 4° La périodicité des variations des éléments météorologiques et du magnétisme terrestre. L'hypothèse d'une activité variable du Soleil est-elle indispensable? Conséquences du mouvement de la Terre à travers le champ de rayonnement irrégulier du Soleil. Les périodes semi-annuelles et annuelles de la variation dans le rayonnement. La périodicité dans les variations du rayonnement coïncidant avec la périodicité des phénomènes à la surface du Soleil. La lumière polaire. La marche annuelle dans les variations diurnes du magnétisme terrestre. Les perturbations du magnétisme terrestre. La marche annuelle dans les oscillations diurnes de la pression atmosphérique. Les variations annuelles et séculaires de la pression atmosphérique. Influence cosmique sur d'autres phénomènes terrestres. — M. H. Kamerlingh Onnes présente au nom de **M. W.-H. Keesom** deux communications intitulées : *Isothermes de mélanges d'oxygène et d'acide carbonique.* I. La calibration des tubes de manomètre et de piézomètre. II. La préparation des mélanges et la compressibilité à de petites densités. — **M. H.-W. Bakhuis Roozeboom** : I. *Les phénomènes de congélation et de décomposition des systèmes* AzH^4AzO^3, $AgAzO^3$ et $KAzO^3$, $AgAzO^3$. II. *Le système brome + iode.* — Ensuite M. Roozeboom présente au nom de **M. A. Smits** : *La forme de la courbe de solubilité dans le domaine des températures critiques des mélanges binaires.* Les résultats des recherches sur les températures critiques des mélanges binaires liées à la théorie de van der Waals et l'achèvement de la représentation pression-température-concentration pour l'équilibre de phases fixes avec du fluide et de la vapeur, donnés très récemment par Bakhuis Roozeboom, mènent à la conclusion que le problème de la forme de la courbe de solubilité d'une matière solide dans le domaine des températures critiques peut être résolu maintenant. Ici l'auteur s'occupe seulement du cas où les deux substances se mélangent à l'état fluide en toutes proportions. Par rapport à la courbe critique continue, joignant les points critiques des deux composantes, il distingue trois cas. Au moyen des résultats obtenus, l'auteur peut élucider quelques points obscurs des expériences

de MM. Walden et Centnerszwer, de M. Villard, etc. — M. A.-F. **Holleman** : *Sur la préparation du cyclohexanol.* Rapport des expériences de F.-H. van der Laan sur le cyclohexanol $C^6H^{11}OH$. — MM. **Holleman** et J. **Potter van Loon** : *Sur la transformation de la benzidine.* — MM. **Holleman** et J.-W. **Beekman** : *Le fluorure de benzène et quelques-uns de ses dérivés.* — M. C.-A. Lobry de Bruyn présente au nom de M. H. **Raken** : *La transformation de la diphényl- nitrosamine en p-nitrosodiphényl-amine et sa vitesse.*

3° Sciences naturelles. — M. H. G. **van de Sande Bakhuyzen** : Notice nécrologique sur Chr. K. Hoffmann (1841-1903), depuis 1875 professeur d'Anatomie à l'Université de Leyde. — M. J. W. Moll présente au nom de M. Ph. **van Harreveld** : *La pénétration dans le mercure par des radicules de graines flottantes en germination.* En 1829, J. Pinot présenta à l'Académie des Sciences de Paris un Mémoire sur le sujet indiqué. Il avait fait germer des graines flottant librement sur du mercure ; il avait vu les racines s'enfoncer dans le mercure jusqu'à une profondeur plus grande que celle qui est compatible avec les lois de l'Hydrostatique. Quoique le poids de la graine fut moindre que la pression du mercure dirigée en sens contraire, les radicules pénétraient dans le mercure ; pour expliquer ce fait, il faudrait recourir à une force vitale particulière. Une répétition de l'expérience par Dutrochet (1829) n'aboutit à rien ; au contraire, Cl. Mulder (1829), H. R. Goeppert (1831) et Payer (1844) en confirmèrent l'exactitude. En 1845, Durand prétendait que les racines ne s'enfoncent pas, à moins que les graines ne fussent fixées par un enduit composé de mercure et de substances organiques de la graine solubles dans l'eau. En 1854, A. Wigand confirme de nouveau le phénomène observé par Pinot ; d'autre part, il fut encore une fois nié par Hofmeister (1860) et même par Sachs (1865). Après avoir discuté les Mémoires des botanistes mentionnés, M. Harreveld donne la description de ses propres expériences et l'explication réelle du phénomène énigmatique. La graine est fixée par la pression moléculaire



Fig. 1. — *Germination sur le mercure d'une graine équilibrée par un morceau de paraffine.*

de l'eau qui monte par capillarité autour des graines. Car il faut mettre toujours un peu d'eau sur le mercure pour entretenir la germination des graines. On peut calculer approximativement la grandeur de la pression de bas en haut du mercure et celle de la pression moléculaire de l'eau de haut en bas. Celle-ci est plus grande que la différence entre le poids de la graine et la pression du mercure. Du reste, l'auteur a répété l'expérience de Pinot avec une balance très mobile. Il a équilibré le poids de la graine par un petit morceau de paraffine (fig. 1) les deux étant placés aux extrémités d'une petite balance. Dans ce cas, la pression moléculaire à elle seule devait surmonter la pression de bas en haut, les racines de la graine de *Lathyrus odoratus* s'enfonçant jusqu'à une profondeur de 7 millimètres. On put ajouter même un poids de 100 milligrammes à la paraffine avant de faire sortir les racines du mercure. Enfin, M. Harreveld explique comment les opinions des botanistes ont pu être aussi contradictoires. Dutrochet,

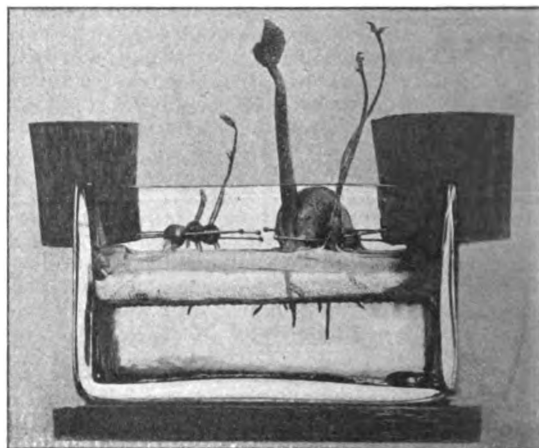


Fig. 2. — *Germination d'une graine sur du mercure placé au-dessus d'une couche d'eau. — Les racines traversent le mercure pour s'enfoncer dans l'eau.*

Durand, Hofmeister et Sachs ont réfuté trop légèrement les observations de Pinot et Wigand. Mulder, Gœppert et Payer n'ont pas vraiment obtenu un enfoncement tel que Pinot l'avait vu, car ils ont tant soit peu fixé les graines. Payer détermina la profondeur jusqu'à laquelle les racines s'enfoncent, en mettant une couche de mercure au-dessus d'une couche d'eau. Les deux couches étaient séparées par une grille en platine couverte d'un morceau de tulle. L'auteur, en répétant cette expérience avec une grille en fer vernissé (fig. 2), trouve que les racines traversent le mercure et s'étendent dans l'eau. — M. H. E. **de Bruyn** : *Sur la détermination de la direction du mouvement et de l'origine de l'eau souterraine de nos provinces maritimes.* Sur l'origine de l'eau souterraine de la province de Hollande, l'auteur est d'une opinion différente de celle émise par M. Eug. Dubois, dans la communication présentée à la séance précédente. — M. Th. H. **Behrens** : *Sur la conduite des fibres végétales et animales vis-à-vis des matières colorantes du goudron.* — M. C. A. Lobry de Bruyn présente au nom de M. Th. **Weevers** et de Mme C. J. **Weevers**, née **de Graaff** : *Recherches sur quelques dérivés de la xanthine en rapport avec la vie organique de la plante.* Les auteurs, à l'instar des recherches de MM. Clautriau (1900) et Suzuki (1901) sur la signification de la caféine comme produit formé par la décomposition des albumens, se sont demandé si les dérivés de la xanthine forment, dans les mutations intérieures de la plante, un produit intermédiaire ou bien un produit terminal. Ils ont étendu les expériences, restreintes jusqu'à présent aux espèces du café et du thé à *Kola acuminata Horsf. et Benn.* et à *Theobroma cacao L.*, pendant leur séjour à Buitenzorg (Java). — M. Th. Place présente au nom de M. J. **Boeke** : *Sur le développement du myocarde chez les Téléostéens.*

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 23 15 DÉCEMBRE 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

La Médaille Davy. — La grande médaille Davy de la Société Royale de Londres vient d'être décernée en commun à M. et Mme Curie, pour leurs beaux travaux sur le radium.

La découverte du radium a pour origine une observation publiée par Mme Curie sur l'intensité des rayons Becquerel émis par un minerai d'urane, la pechblende. L'intensité de ces rayons est plus grande dans la pechblende que dans l'uranium métallique. M. et Mme Curie cherchèrent la cause de cette anomalie et dépistèrent deux nouvelles substances radio-actives dans la pechblende. Ils firent l'hypothèse que ces substances renferment de nouveaux éléments chimiques et ils réussirent à y déceler le sel d'un nouveau corps simple : le radium. Les sels de radium, chimiquement analogues à ceux du baryum, ont été, en effet, obtenus à l'état de pureté, et l'élément nouveau complètement caractérisé par un spectre brillant (déterminé par Demarçay) et un poids atomique particulièrement élevé (225). On doit également à M. et Mme Curie une étude approfondie des propriétés physiques, si curieuses, du nouvel élément; cet élément émet spontanément et continuellement des rayons analogues aux rayons produits dans l'ampoule de Crookes; il se charge de lui-même d'électricité positive; certains de ses sels sont spontanément lumineux; il produit des effets intenses de phosphorescence et de coloration de certains corps; son activité radiante est plus de six millions de fois celle de l'uranium. La source de cette énergie radiante est, d'ailleurs, complètement mystérieuse, et ce problème si passionnant exerce actuellement la sagacité des physiciens du monde entier. Le dégagement continuel d'une énorme quantité de chaleur (100 calories à l'heure par gramme de radium) découvert par M. et Mme Curie et M. Laborde, la constatation de phénomènes entièrement nouveaux tels que l'émanation et la radio-activité qui en résulte (découverte également due à M. Curie), la production d'hélium reconnue par MM. Ramsay et Soddy, l'action thérapeutique sur le lupus et le cancer sont les manifestations les plus récentes du grand mouvement scientifique créé autour du radium.

§ 2. — Nécrologie

Munier-Chalmas. — Au commencement du mois de juin dernier, la *Revue* saluait, avec une satisfaction extrême, l'élection de M. Munier-Chalmas à l'Académie des Sciences. Hélas! le nouvel élu ne devait pas jouir longtemps de son succès. Le 8 août, comme il était venu à Aix-les-Bains, pour le soin d'une santé au sujet de laquelle il ne se faisait d'ailleurs aucune illusion, la mort l'a foudroyé en une seconde, dans une solitude complète, loin du laboratoire qui était sa vie et dont le personnel était alors dispersé.

Comme il était absolument sans famille, qu'on ne lui connaissait pas un seul parent au nom de qui une lettre de faire-part pût être envoyée; comme, d'un autre côté, longtemps à l'avance, il avait formellement interdit la moindre manifestation sur sa tombe, il a quitté ce monde au milieu d'un silence complet, sans autre hommage que les paroles émues par lesquelles, dans la séance du 10 août, M. Albert Gaudry annonçait à l'Académie la perte qu'elle venait de faire.

Aussi est-ce un devoir pour la *Revue* de consacrer quelques lignes à cette mémoire. Car, si M. Munier-Chalmas demeure bien vivant dans le cœur de tous ceux qui l'ont approché, l'obstination qu'il a mise à ne point laisser de traces écrites de son activité exposerait le public à n'avoir qu'une idée très incomplète du rôle joué, dans le développement de la Géologie contemporaine, par ce savant à la personnalité si originale.

Né, en 1843, dans le Beaujolais, M. Munier-Chalmas prit tout enfant le goût de l'histoire naturelle en accompagnant dans ses promenades un de ses parents, qui exerçait la profession de médecin. Il avait quatorze ans lorsque, fouillant une carrière aux environs de Paris, il y vit arriver les élèves de la Faculté des Sciences, conduits par M. Hébert. L'idée lui vint alors de suivre les excursions géologiques de la Sorbonne, et les dispositions exceptionnelles qu'il manifestait dans la recherche des fossiles attirèrent sur lui l'attention du professeur. M. Hébert eut l'heureuse idée de lui ouvrir l'accès de son laboratoire.

En 1862, à dix-neuf ans, M. Munier-Chalmas, ayant déjà suivi les cours de Cordier et de Charles d'Orbigny, devenait préparateur-libre à la Faculté des Sciences,

pour recevoir deux ans après le titre officiel de sa fonction. Ainsi commença, entre le maître et l'élève, une véritable collaboration, au cours de laquelle, par la seule force des services rendus et de l'aptitude déployée, le disciple, chez qui la déférence n'excluait pas une inébranlable franchise, se rendait de plus en plus indispensable à celui qui avait eu le mérite de le discerner. Au moment de l'élection de M. Munier-Chalmas, la *Revue* a évoqué le souvenir des scènes, devenues légendaires pour tous les habitués de la Sorbonne, qui, si souvent, accidentèrent, sans jamais les troubler d'une façon durable, les relations du professeur avec un auxiliaire dont il lui eût été impossible de se passer.

C'était l'heure où la Paléontologie, désormais indiscutée, affirmait par une suite de triomphes son droit à prononcer le dernier mot dans toutes les difficultés que fait naître l'état de dislocation de l'écorce terrestre. Mais, pour que ce merveilleux instrument conservât toute sa valeur, il était nécessaire qu'il fût manié par des mains expertes, et qu'une pénétrante analyse présidât toujours à l'interprétation des fossiles. Il importait aussi que cette interprétation ne demeurât pas un simple exercice de laboratoire, mais que l'étude des restes organiques fût toujours contrôlée par une scrupuleuse définition des circonstances de leur gisement.

C'est la constante observation de ces conditions qui a fait la fécondité de l'œuvre de M. Munier-Chalmas, si par ce mot d'œuvre on entend, non seulement les publications signées de son nom, mais aussi la direction, éminemment personnelle, imprimée par lui à un enseignement d'où sont sortis nombre de travaux qui ont contribué à établir le juste renom de la Géologie francaise.

Un rare tempérament de naturaliste, un coup d'œil très sûr, une exceptionnelle habileté de main, un amour presque fougueux de l'observation sur le terrain, joint à une défiance peu dissimulée à l'égard des affirmations trop facilement admises, enfin une vive passion pour la vérité sans voiles, telles sont les qualités grâce auxquelles, en même temps qu'il comblait peu à peu, pour son compte, avec une surprenante aisance, toutes les lacunes d'une première formation singulièrement incomplète, M. Munier-Chalmas a su se faire une situation à part. Aussi, quand, en 1890, la mort de M. Hébert rendit vacante la chaire de Géologie à la Sorbonne, chacun comprit qu'il coopérerait à un acte de justice, s'il s'ingéniait à lever rapidement les obstacles légaux susceptibles d'écarter de ce poste l'homme que désignait pour l'occuper l'opinion unanime de nombreuses générations d'étudiants, formées à son école.

Les premiers travaux de M. Munier-Chalmas datent de plus de quarante ans. Dans l'impossibilité de passer ici en revue son œuvre complète, nous nous contenterons de signaler celles de ses recherches où se révèlent le mieux la pénétration et l'originalité qui furent les marques distinctives de son activité scientifique.

Ce sont d'abord ses études sur une série de petits organismes calcaires, autrefois considérés par tous comme des Foraminifères, et qu'il eut l'heureuse inspiration de restituer aux Algues siphonées, ce qui lui permit de préciser plus étroitement les conditions de dépôt des couches où apparaissent ces fossiles; ensuite, ses travaux, poursuivis avec M. Schlumberger, sur le curieux dimorphisme des Nummulites et des Miliolidés; sa remarquable classification des Echinides; ses recherches sur les Brachiopodes, notamment sur certaines formes liasiques, qu'un premier examen avait fait confondre avec des genres paléozoïques; son essai, devenu classique, sur la morphologie des Acéphales; l'analyse à laquelle il a soumis les Rudistes, et qui l'a conduit à la création de genres nouveaux, précieux pour la distinction des horizons; ses recherches si originales sur le développement embryonnaire des Ammonites, ainsi que sur les signes probables des différences sexuelles dans ce groupe de fossiles. Mentionnons encore les observations par lesquelles il a établi la vraie nature des Bilobites; enfin, certaines préparations qui ont fait sensation dans le monde des laboratoires lorsque, par des procédés d'une merveilleuse ingéniosité, il a réussi à faire revivre, tantôt la faune d'Insectes et de Crustacés, voire même les fleurs intactes, dont le travertin de Sézanne a gardé l'empreinte, tantôt l'organisation interne si délicate des Brachiopodes du lias de l'Indre.

Mais, nous l'avons dit, M. Munier-Chalmas ne se confinait pas dans le laboratoire. L'observation directe le passionnait, et rarement il abordait le terrain sans en faire jaillir quelque fait nouveau. La rigueur de son analyse s'est montrée féconde dans le Boulonnais, où, par d'incessantes observations, contrôlées au moyen de fouilles dont sa bourse faisait presque tous les frais, il a reconstitué l'histoire de la falaise à la fin des temps jurassiques.

Toutefois, c'est dans le bassin de Paris que M. Munier-Chalmas a le plus complètement donné la mesure de sa perspicacité. Ce n'est pas exagérer de dire qu'entre ses mains, la géologie de ce bassin, réputé si bien connu, a pris un aspect tout à fait nouveau. C'est ce dont témoignent ses travaux sur le calcaire pisolithique, sur la formation bartonienne et sur les transgressions violentes dont plusieurs étages apportent la preuve évidente, attestant, au sein de la cuvette parisienne, des dislocations orogéniques en miniature, avec surrection d'une série de rides, dont chacune délimitait un bassin de sédimentation plus ou moins soustrait à l'influence purement marine.

Enfin, rien n'est plus ingénieux que l'analyse à laquelle M. Munier-Chalmas a soumis certaines particularités des assises supérieures du calcaire grossier, où l'on se plaisait à voir l'influence d'émanations thermales et geysériennes, alors qu'il s'agissait de transformations chimiques dues à la lente circulation des eaux sur les versants des vallées.

A cet exposé, il faudrait ajouter au moins quelques mots sur les considérations, aussi intéressantes que neuves, par lesquelles M. Munier-Chalmas a mis en évidence l'influence des courants dans la répartition des faunes secondaires et tertiaires. Il y faudrait joindre la mention des fructueuses recherches qu'il a poursuivies, soit seul en Dalmatie, soit avec M. Hébert en Hongrie, mais surtout au Vicentin, où il s'est montré pétrographe expert autant que stratigraphe. Nous devrions encore parler de l'efficace collaboration qu'il a donnée au Service de la Carte géologique de France, non seulement par ses études sur la bordure orientale du Massif Central et sur certains districts d'Auvergne, mais par les idées générales dont il s'est fait le champion, quand il a fallu dresser la légende des cartes d'ensemble, et y faire prévaloir une nomenclature rationnelle, à l'établissement de laquelle son amitié a voulu associer l'auteur de cet article.

De même, il y aurait lieu de rappeler la part prépondérante qu'il a prise, dans ces dernières années, à la création d'un Service officiel de consultations géologiques, en vue de l'alimentation des villes en eau potable. Mais ce qu'il est par-dessus tout impossible d'oublier, c'est la puissante organisation qu'il a su donner au Laboratoire de Géologie de la nouvelle Sorbonne, devenu, grâce à lui, le plus brillant modèle du genre, et doté d'ingénieux appareils, où l'initiative du professeur a fait plus que stimuler l'habileté des constructeurs.

Son enseignement a formé nombre d'élèves, dont beaucoup sont devenus des maîtres, et toute une série de thèses de doctorat, utiles au développement de la science, portent l'évidente empreinte de son active et pénétrante direction.

Ces mérites étaient depuis longtemps, en France comme à l'étranger, connus et appréciés de tous les spécialistes, pour qui M. Munier-Chalmas prodiguait sans compter les inépuisables ressources de son savoir et de son habileté. Si, cependant, la consécration académique d'une telle carrière a paru se faire attendre, c'est que le savant professeur en avait lui-même retardé

l'heure, par sa répugnance à donner une forme imprimée à des découvertes que, trop souvent, les initiés étaient seuls à connaître, et qu'il ne jugeait jamais assez définitives pour affronter la publication. Une vacance, survenue par la mort de M. Hautefeuille, avait permis à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 25 mai, de rendre à M. Munier-Chalmas la justice qui lui était vraiment due. Tous les autres candidats s'étaient, d'ailleurs, effacés devant lui.

Sa carrière vient d'être brusquement tranchée. Mais son exemple subsiste, et tous garderont le souvenir ému de cette nature si richement douée, de ce cœur chaud et loyal, incapable d'aucune petitesse, de ces étonnantes facultés de naturaliste, qui si souvent ont su faire jaillir, des pierres que frappait son marteau, l'étincelle où s'allumait le flambeau de la science.

A. de Lapparent,
de l'Académie des Sciences de Paris.

§ 3. — Astronomie

La rotation de Vénus. — Les observations relatives à la rotation de Vénus sont assez contradictoires, car il est difficile de rien distinguer de net sur la surface de cette planète, tandis qu'une seule nuit d'observation suffit à montrer la rotation de Mars ou celle de Jupiter. Plusieurs astronomes, et non des moindres, pensent que les marées produites par le Soleil sur ses mers et sur son globe primitivement fluide ont été assez fortes pour la saisir et la fixer, comme la Terre l'a fait pour la Lune, et pour l'obliger à présenter constamment la même face au Soleil. Certaines observations télescopiques sembleraient même confirmer cette déduction théorique des calculs de la Mécanique céleste.

M. C. Flammarion ne souscrit pas à cette opinion, malgré son apparente probabilité, parce que son impression a toujours été contraire, dans toutes ses observations télescopiques. Les dernières observations de Vénus, de conditions très favorables, lui ont permis de remarquer un léger point blanc, un peu plus blanc encore que toute la surface de la planète, entouré d'une légère pénombre grise, qui lui produit absolument l'effet d'une neige polaire, analogue à celle que nous observons sur le pôle de Mars. La conclusion de l'auteur est assez logiquement la suivante : Si ce globe de Vénus a des pôles, il tourne sur lui-même.

Les étoiles nouvelles. — On sait que M. Seeliger explique l'apparition des étoiles nouvelles par la pénétration d'un corps obscur dans une masse nébuleuse. M. Halm pense que cette hypothèse suffit à rendre compte de tous les phénomènes observés, à la condition de supposer que la densité de la masse cosmique, au lieu d'être uniforme, augmente depuis les bords jusqu'au centre de gravité. Dans ce cas, la pénétration est accompagnée, en général, de rotation, et le projectile devient le centre d'un tourbillon de gaz enflammés qu'il entraîne. Il se trouve alors que l'élargissement et les déplacements des lignes du spectre sont des conséquences des mouvements supposés, et l'on peut se dispenser d'invoquer, comme MM. Vogel et Wilsing, l'effet de pressions considérables (*Astr. Nachr.*).

§ 4. — Génie civil

A propos de la démolition de la Tour Eiffel. — Dans un précédent numéro[1], nous avons signalé que l'*Association française pour l'avancement des Sciences*, en raison des services que la Tour Eiffel a rendus et peut rendre encore à la Science, avait émis le vœu que celle-ci ne fut pas détruite à l'expiration de la concession grâce à laquelle elle existe. Nous apprenons que la *Société des Ingénieurs civils de France* s'est associée, à l'unanimité de ses membres, au vœu voté par l'*Association française*. En outre, considérant que la Tour Eiffel est l'un des plus remarquables spécimens de l'art du Génie civil dans les constructions métalliques; que cet édifice, que l'on a vainement tenté d'imiter à l'étranger, est le plus élevé qui soit au monde; que le grand nombre actuel de ses visteurs témoigne qu'il excite l'intérêt et la curiosité générales, tant par lui-même que par le splendide panorama de Paris et des environs qu'il permet de contempler sur une étendue de 150 kilomètres; considérant qu'au point de vue de la défense nationale il est appelé à jouer un rôle exceptionnel comme centre, soit de la télégraphie optique, soit de la télégraphie sans fil, et que lui seul permet actuellement d'assurer les communications directes entre Paris et la province, la *Société des Ingénieurs civils* proteste contre toute idée de destruction de cet édifice, qui fait partie intégrante de Paris.

[1] Voir la *Revue* du 15 novembre 1903, t. XIV, p. 1069.

§ 5. — Physique

Détermination de la chaleur latente d'évaporation. — M. A. Cameron Smith vient de faire connaître une méthode électrique directe pour déterminer la chaleur latente d'évaporation des liquides au point d'ébullition[1]. Le liquide est contenu dans un vase de verre suspendu par un fil fin au crochet d'une balance; on mesure la quantité d'énergie électrique que nécessite l'évaporation d'une masse donnée. L'énergie électrique est fournie par un courant intense, traversant une petite résistance dans le liquide lui-même; afin de réduire autant que possible les pertes de chaleur, le vase contenant le liquide et la résistance est entièrement entouré par un écran à doubles parois rempli de la vapeur saturée du liquide lui-même. L'évaluation de l'énergie électrique demande la mesure du courant C (ampères), de la résistance R (ohms) de la bobine de chauffage et le temps en secondes T pendant lequel passe le courant. Cette énergie est exprimée par C^2RT joules, et, si M est la masse vaporisée en grammes, la chaleur latente par gramme exprimée en joules devient C^2RT/M. L'auteur fait remarquer que, dans presque toutes les méthodes, c'est la chaleur totale qu'on mesure, déduisant la chaleur latente au moyen d'une valeur hypothétique de la chaleur spécifique moyenne. Dans la présente méthode, au contraire, on détermine directement la chaleur latente. La chaleur latente est, d'autre part, donnée par une mesure électrique, susceptible d'une précision plus grande que celle des lectures d'un thermomètre ordinaire à mercure. Le résultat de plusieurs déterminations très sûres faites pendant une dizaine d'années donne la valeur de J en unités électriques à moins de 1/2.000 près. Les expériences jusqu'ici faites par l'auteur ont été destinées à vérifier l'exactitude de cette méthode; il a toujours employé de l'eau afin de faire une comparaison avec les résultats de Regnault. Adoptant la valeur de 536,3 (calories à 15°) et pour l'équivalent du joule la valeur J égale à 418,7 (calories à 15°), on aura pour la chaleur latente en joules par gramme la valeur $536,3 \times 4,187 = 2.245,5$. Or, les résultats de l'auteur ont donné les valeurs 2.249, 2.264 et 2.266 par ordre chronologique, valeurs un peu supérieures à celle de Regnault. La suite de ces expériences permettra sans doute d'élucider la cause de cette divergence.

Un nouvel électromètre capillaire perfectionné. — L'électromètre capillaire est un appareil d'un usage assez courant dans les laboratoires. Le type ordinaire présente quelques inconvénients qui viennent d'être très heureusement surmontés par M. S. W. J. Smith, professeur de Physique au Collège royal des Sciences, à Londres, dans une nouvelle forme que nous nous proposons de décrire ci-après.

L'électromètre ordinaire (fig. 1) consiste en deux

[1] *The Electrical Engineer*, n° 14, 2 octobre 1903.

larges tubes C et D, communiquant par un tube capillaire cylindrique $a\,b$, horizontal ou incliné vers le haut, sous n'importe quel angle, de b vers a. L'appareil renferme du mercure et de l'acide sulfurique, au maximum de conductibilité. On emploie généralement, avec cet instrument, une clef à ressort, qui maintient les électrodes P_1 et P_2 au même potentiel tant que le levier S est relevé. Lorsque ce dernier est abaissé, les potentiels des électrodes deviennent E_1 et E_2, c'est-à-dire, par exemple, les potentiels de deux points d'un circuit. La fonction de l'appareil consiste à déterminer si ces potentiels sont égaux ou différents.

La figure 2 montre la nature des modifications apportées à l'électromètre actuel. Pour éviter l'évaporation de la solution d'acide sulfurique, sans empêcher le libre mouvement des liquides de l'appareil, les larges tubes sont scellés à leur extrémité supérieure, mais ils sont reliés par un autre tube T communiquant avec chacun d'eux. De cette façon, l'appareil n'est pas en contact avec l'air; on peut, d'ailleurs, y faire le vide, avant de le sceller.

Si l'on a soin de distribuer comme il convient le mercure et la solution dans les deux tubes, l'appareil peut être employé avec le tube capillaire placé horizontalement ou incliné vers le haut, sous un angle considérable.

La distribution du mercure peut être modifiée très facilement, au moyen d'un tube transversal, pourvu d'un robinet R. Lorsque le robinet est ouvert, il y a libre communication entre le mercure des deux tubes, et la quantité relative de liquide dans chacun d'eux peut être modifiée en inclinant l'appareil. Lorsque le robinet est fermé, les deux quantités de mercure sont isolées l'une de l'autre.

La clef à ressort ordinaire présente plusieurs désavantages. Ainsi, si elle est en laiton, il arrive fréquemment que les contacts deviennent insuffisants, parce que leur surface se ternit; si, pour éviter cet inconvénient, les surfaces de frottement sont en platine, la clef accuse parfois des effets thermo-électriques prononcés. En outre (point important pour un instrument portatif), la clef ne peut pas être convenablement fixée sur le même socle que le reste de l'instrument, car, à moins que le socle et le support ne soient très rigides, la pression nécessaire pour abaisser le ressort imprime un mouvement suffisant au ménisque, par changement de l'inclinaison du tube capillaire pendant l'acte de l'abaissement, pour rendre impossible la lecture des petites variations de tension.

La clef mercurielle, représentée dans la figure 2, n'offre pas ces désavantages. Elle consiste en un tube en « U », fermé à l'un de ses bouts et communiquant par l'autre avec une poire à pression pneumatique B. Ce tube renferme, dans sa courbure, du mercure. Trois fils de platine sont soudés dans ce tube et reliés aux électrodes et au circuit. On produit le même changement de contact en pressant la poire B qu'en abaissant le levier S dans la clef à ressort. Le mercure remplace le levier, et les contacts sont pratiquement indépendants du degré de pression exercée sur la poire B. En outre, les contacts ne sont pas directement exposés à l'atmosphère du laboratoire, et les effets thermo-électriques entre le platine et le mercure sont très minimes. La chaleur communiquée à la clef par la main de l'opérateur peut être considérée comme quantité négligeable, et celle engendrée par la compression de l'air dans la clef peut n'être que très légère. La clef peut être fixée sur le même support que le reste de l'appareil, car, même si la pression qui change les contacts est appliquée aussi brusquement que possible, la pression verticale maxima sur le support n'est que de quelques grammes.

En réglant la longueur de colonne de mercure dans la clef, de façon qu'elle soit un peu inférieure à la longueur du tube en « U » entre les deux fils de platine extrêmes, le changement de potentiel en P_1 de E_2 à E_1, et réciproquement, peut être effectué

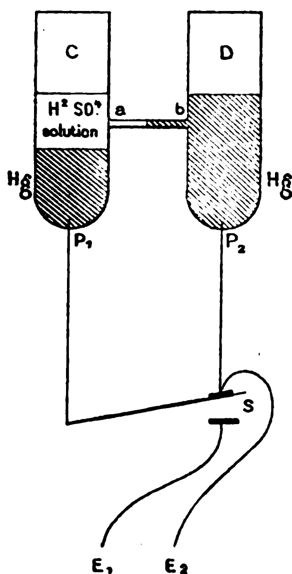


Fig. 1.

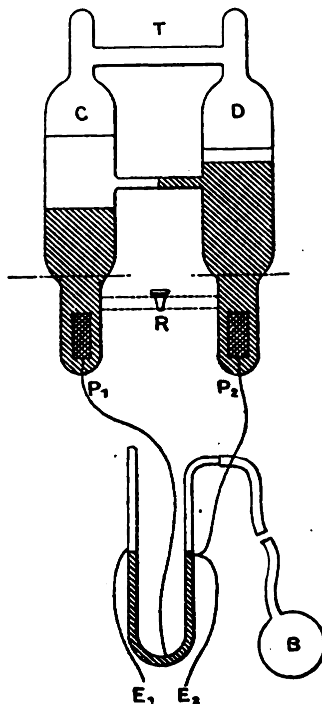


Fig. 2.

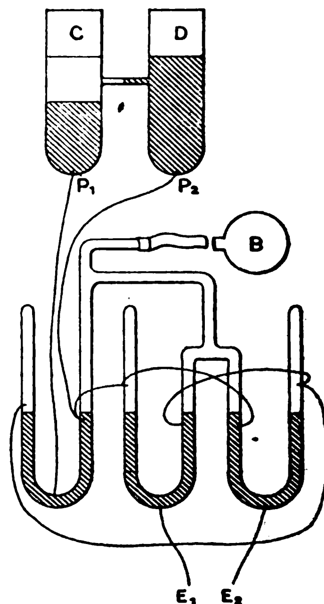


Fig. 3.

Fig. 1. — *Electromètre capillaire ordinaire.* — C, D, tubes larges contenant le mercure et l'acide sulfurique ; ab, tube capillaire ; P_1, P_2, électrodes ; S, clef ; E_1, E_2, points d'un circuit présentant une différence de potentiel.
Fig. 2. — *Electromètre capillaire à clef mercurielle.* — T, branche réunissant par en haut les deux tubes larges ; R, branche à robinet faisant communiquer le mercure des deux tubes ; B, poire à air. Les autres lettres comme dans la figure 1.
Fig. 3. — *Electromètre avec commutateur et clef mercurielle.* — Mêmes lettres que précédemment.

presque instantanément. Ainsi, des mesures peuvent être effectuées avec l'instrument, même si le zéro change assez rapidement. Avec une clef de cette espèce, il est également évident que l'observation du ménisque au travers du microscope peut être faite avec toute l'attention voulue.

Les commutateurs et clefs, qui forment une réunion de connexions dans un ordre prescrit, peuvent être contruits sur le même principe que la clef pneumatique décrite plus haut. La figure 3 représente un commutateur et une clef d'électromètre combinés. Le tube en U à gauche est la clef déjà décrite, et le double tube en U à droite est le commutateur. Les positions des différents fils sont arrangées de telle façon, en tenant compte des niveaux du mercure, qu'il faut une plus grande pression pour changer les contacts dans le double tube en U que dans le tube de gauche. Le premier effet de la pression est de mettre l'électromètre en circuit avec le potentiomètre ou tout autre circuit, en reliant P_1 avec E_1 et P_2 avec E_2. En augmentant la pression, les connexions dans le double tube en U sont renversées et P_1 est relié avec E_2 et P_2 avec E_1. Par conséquent, lorsque les contacts changent dans le commutateur, nous obtenons un mouvement du ménisque de l'électromètre correspondant à peu près au double de la différence de potentiel entre E_1 et E_2, et, ainsi, la sensibilité de l'instrument se trouve doublée.

La sensibilité de l'électromètre, quand on utilise la clef simple décrite en premier lieu, est telle que, lorsque le diamètre des tubes larges est d'environ un centimètre, et le diamètre du capillaire d'environ un millimètre, un mouvement du ménisque (perceptible avec certitude dans un microscope amplifiant cent fois) est produit par une différence de potentiel égale à 0,0001 volt. L'extension réelle du mouvement est quelque peu variable, et s'élève d'ordinaire à 0,01 millimètre environ. Les chiffres suivants montrent l'effet de forces électro-motrices polarisantes relativement grandes sur la tension superficielle entre le mercure et la solution d'acide sulfurique à la densité de 1,17 :

FEM Volts	Tension superficielle
—	—
0	γ
0.0202	1.021 γ
0,0404	1,040 γ
0,0605	1,059 γ
0,0807	1,080 γ
0,1009	1,097 γ

γ est la tension superficielle "naturelle" entre le mercure et la solution. Sa valeur approximative est de 300 ergs par centimètre carré. A en juger par ces chiffres, il semblerait que la tension superficielle soit modifiée d'environ un dix-millième par une force électromotrice polarisante de 0,0001 volt. Dans le cas où le tube capillaire est horizontal et les tubes larges verticaux, le rapport entre le mouvement du ménisque δx et le changement correspondant dans la tension superficielle $\delta\gamma$ s'exprime approximativement par :

$$a^2\rho g\delta x = Ac\delta\gamma,$$

si nous admettons que le capillaire et les tubes larges ont une section transversale uniforme; a étant la surface de la section transversale du capillaire, c sa circonférence, A la surface de la section transversale des tubes larges et ρ la somme des densités du mercure et de la solution.

Si le tube capillaire, au lieu d'être horizontal, est incliné d'un angle θ sur l'horizontale, l'équation donnée ci-dessus devient :

$$ag\{(\rho_1+\rho_2)a/A\cos\theta+(\rho_1-\rho_2)\sin\theta\}\delta x = c\delta\gamma$$

dans laquelle ρ_1 est la densité du mercure, et ρ_2 celle de la solution. Il s'ensuit que : 1° si θ est positif (le filet de mercure obliquant de bas en haut vers le ménisque), la sensibilité ne sera pas augmentée d'une façon appréciable en faisant A très grand en comparaison avec a, à moins que θ ne soit très petit; 2° si θ est négatif (ménisque à la partie inférieure du filet), le mercure devient instable lorsque θ est numériquement plus grand que

$$^{-1}(\rho_1+\rho_2)a/(\rho_1-\rho_2)A,$$

c'est-à-dire lorsque θ est numériquement plus grand que a/A approximativement, car, afin que la polarisation puisse être pratiquement confinée à l'électrode capillaire, le rapport a/A doit être petit.

La sensibilité de 0,0001 volt, qu'on peut obtenir sans aucune difficulté lorsque le mercure est pur, est suffisante pour un grand nombre de mesures pour lesquelles l'électromètre peut être employé; dans ce cas, l'électromètre convient mieux qu'un galvanomètre ordinaire, avec un système magnétique suspendu.

Le caractère portatif et très maniable de l'électromètre du Professeur Smith contribuera à propager l'usage de cet appareil si précieux pour un grand nombre de mesures en Chimie physique.

§ 6. — Électricité industrielle

Les pertes par hystérèse diélectrique et la capacité des machines à haute tension. — Les travaux de M. Steinmetz ont montré que les câbles à courant alternatif ou rotatoire s'échauffent quand on les expose à une charge, même dans le cas où ils ne transmettraient aucun travail. Ces phénomènes ne s'observent qu'aux tensions élevées, et les opinions relatives aux causes de cet échauffement sont différentes. Alors qu'en effet quelques expérimentateurs considèrent les matières isolantes comme des *conducteurs hautement résistants* traversés par un courant d'une intensité très faible, donnant lieu à la production de chaleur joulique, d'après une autre interprétation plus généralement adoptée, l'échauffement constaté par l'expérience s'expliquerait comme une espèce d'hystérèse dans la matière isolante. La chaleur développée est, en effet, hors de proportion avec la quantité de chaleur qui correspondrait à la résistance, suivant la formule de Joule. Bien que cette cause d'échauffement soit d'un intérêt plutôt théorique, M. P. Holitscher [1] vient de faire, dans les laboratoires de l'Elektricitäts-Actien-Gesellschaft vormals W. Lahmeyer et Cie, quelques expériences spéciales dans cette direction sur des machines à haute tension, afin d'obtenir pour ces pertes quelques constantes indépendantes du volume pour le cas de différents métaux, ce qui donnerait le moyen d'examiner les produits employés ainsi que leur épaisseur. Chose importante pour la pratique, l'auteur a imaginé une méthode de mesure permettant de déterminer la perte d'énergie dans les matières isolantes avec la plus grande précision et sans beaucoup d'appareils. De ces expériences on peut conclure : 1° Qu'on obtient une méthode relativement précise et très convenable pour déterminer de grandes pertes par hystérèse diélectrique, comme c'est le cas d'un grand effort exercé sur le diélectrique, en appliquant la capacité à examiner à la tension élevée d'un transformateur et en déduisant les pertes de ce transformateur du rendement fourni à ce dernier; 2° Dans le cas de pertes plus petites, on fait des mesures directes dans le circuit à haute tension au moyen d'un wattmètre dont les bobines à haute et à basse tension sont interverties. On emploie des lampes à incandescence comme résistances dérivées dans le circuit à haute tension; 3° Les pertes qu'on observe sont pratiquement proportionnelles au nombre de périodes; la perte résultant du passage du courant est négligeable en comparaison de l'hystérèse diélectrique; 4° *La capacité* et, par conséquent, la « constante » diélectrique ne sont, pour la substance expérimentée (micanite),

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, n° 33, 1903.

aucunement des quantités constantes, étant altérées dans des limites notables suivant l'effort électrostatique; 5° La variation de capacité étant une quantité inconnue, il est impossible de déterminer au préalable l'accroissement d'hystérèse diélectrique avec l'accroissement de tension. La loi usuelle, suivant laquelle la perte par hystérèse serait égale à $c E^2$, n'est qu'approximativement exacte dans le cas des matières dont la capacité ne s'altère pas, c'est-à-dire pour des efforts électrostatiques relativement petits; 6° Dans les machines à haute tension comprenant des tubes de micanite, la perte par hystérèse diélectrique avec des efforts plus grands sur la micanite est approximativement proportionnelle à la troisième puissance de la tension; 7° En déterminant le rendement d'une machine à haute tension, la perte par hystérèse diélectrique est absolument négligeable. Dans la plupart des cas, on choisit des matières relativement épaisses en raison des garanties qu'elles offrent contre un percement possible.

§ 7. — Chimie biologique

La réversibilité de l'action des diastases protéolytiques. — On sait que la réversibilité de l'action des diastases, prévue théoriquement par M. van't Hoff, a été démontrée expérimentalement, et notamment pour la maltase par M. A. Croft Hill[1]. Le même problème a été soulevé pour les diastases protéolytiques, et l'on a fréquemment émis cette hypothèse que, pendant leur passage à travers les parois intestinales, les fragments résultant de l'hydrolyse digestive des matières albuminoïdes se resoudent et reconstituent la molécule primitive ou quelque chose d'approchant, sans doute sous l'influence d'une diastase de synthèse. Voici qu'à l'aide d'une méthode physique, sur l'intérêt de laquelle la *Revue* a déjà appelé l'attention de ses lecteurs[2], M. R.-O. Herzog[3] vient d'apporter tout au moins un commencement de preuve de la possibilité d'une telle synthèse.

En 1895, M. Okouneff a constaté que, lorsqu'on ajoute à une dissolution concentrée de peptone commerciale, c'est-à-dire d'albumoses, des solutions de trypsine, de pepsine ou de papayotine, il se produit des précipités que MM. Sawjalow, Lawrow, Salaskin et d'autres observateurs ont étudiés sous le nom de *plastéines*[4]. Or, M. Herzog considère cette action comme une réversion, avec production soit des matières albuminoïdes primitives, soit de composés isomères. M. Spriggs a montré[5], en effet, que, sous l'influence de la pepsine, la viscosité (mesurée à l'aide de l'appareil d'Ostwald) des dissolutions albumineuses diminue à mesure que la protéolyse progresse. L'auteur montre qu'inversement la viscosité d'une dissolution d'albumoses (fibrine-peptone de Merck) augmente en présence de la pepsine et de la trypsine. D'autre part, le suc d'expression des Ascarides, auquel divers observateurs ont reconnu une action antitrypsique et antipepsique[6], et qui arrête par conséquent l'abaissement de la viscosité dans les dissolutions d'albumines soumises à l'action de la pepsine ou de la trypsine, arrête aussi inversement l'augmentation de la viscosité dans les dissolutions d'albumoses traitées par ces mêmes diastases.

[1] Van't Hoff : *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, t. XVIII, p. 1, 1898. — A. Croft Hill : *Journ. of the Chem. Soc.*, 1898, p. 634.
[2] Voy. la Revue du 15 avril 1903, p. 348.
[3] R.-O. Herzog : *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, t. XXXIX, p. 305, 1903.
[4] Sawjalow : *Pflüger's Arch.*, t. LXXXV, p. 171, 1901. — Kcrajeff : *Hofmeister's Beiträge zur chem. Physiol.*, t. I, p. 121, 1901. — Lawrow et Salaskin : *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, t. XXXVI, p. 279, 1902.
[5] E.-J. Spriggs : *Zeitschr. physiol. Chem.*, t. XXXV, p. 465, 1902.
[6] Weinland : *Zeitschr. f. Biol.*, t. XLIV, p. 1 et p. 45, 1902.

Ces résultats sont en accord avec les propriétés chimiques que les auteurs cités plus haut ont reconnues aux plastéines. Tout récemment encore, M. Sawjalow[1] a annoncé avoir réussi à obtenir avec ces produits des coagulations par l'acide acétique et la chaleur, réaction qui appartient aux matières albuminoïdes proprement dites.

A propos de la combustion des hydrates de carbone dans le muscle. — Dans notre dernier numéro, nous avons signalé[2] les importants travaux auxquels a donné lieu la combustion des hydrates de carbone dans le muscle et, en particulier, les recherches récentes relatives à l'influence qu'exerce le pancréas sur ce phénomène. Ces recherches, attribuées par erreur à M. Simacek, sont dues en réalité à M. Cohnheim[3].

§ 8. — Sciences médicales

L'Assistance médicale à Madagascar. — Le Dr Kermorgant, chef du Service de santé au Ministère des Colonies, vient d'exposer, dans un long Rapport, le fonctionnement de l'assistance médicale à Madagascar, que le général Galliéni s'est appliqué à étendre et à perfectionner.

Au 1er janvier 1903, les établissements de l'Assistance médicale comprenaient : une Ecole de Médecine, un Institut Pasteur à Tananarive, un parc vaccinogène à Diégo-Suarez, vingt hôpitaux renfermant 1.300 lits, quatre léproseries abritant 1.200 lépreux, et enfin des postes médicaux. Dans certaines provinces, ces formations sanitaires sont suppléées par les hôpitaux coloniaux et par des établissements privés subventionnés ; une maternité, deux hôpitaux et deux léproseries renfermant 900 lépreux.

Les résultats de cette organisation sont : 1° Une augmentation très sensible de la natalité ; 2° La disparition presque complète de la variole sur le plateau central. Par contre, la mortalité est en augmentation dans certaines provinces, par suite d'épidémies meurtrières de grippe et de paludisme. La lutte engagée contre les grandes endémies qui règnent dans le pays et les maladies évitables ne pourra que montrer plus nettement les bienfaits de l'assistance médicale dans un avenir peu éloigné.

Le chiffre des dépenses, pour 1902, s'est élevé à plus d'un million de francs, qui ont permis de délivrer les secours suivants :

Malades soignés dans les hôpitaux	11.134
Lépreux internés dans les léproseries	2.540
Consultations avec délivrance de médicaments	749.485
Vaccinations	150.156

Le Rapport du Dr Kermorgant fait ressortir que les maladies qui compromettent le plus l'avenir de la population malgache sont : l'alcoolisme, le paludisme, la tuberculose, les maladies des voies respiratoires, la syphilis et la lèpre.

Remarquons que le nombre des lépreux isolés, en 1902, a été de 2.540. Or, pour le Plateau central, le nombre approximatif de ces malades est de 4.200. Il reste donc 1.800 lépreux vivant dans leur famille ou errants. Les léproseries, qui seront achevées au cours de 1903, ou au commencement de 1904, permettront de réduire ce nombre à 800. La proportion de plus de 3 lépreux par 1.000 habitants montre combien il était nécessaire d'isoler ces malades.

Jusqu'au 1er janvier 1903, l'Assistance médicale avait des budgets autonomes dans chaque province, alimentés par des subventions des budgets locaux, par une taxe dite des léproseries et par des dons volon-

[1] Sawjalow : *Centralbl. f. Physiol.*, t. XVI, p. 625, 1903.
[2] Voyez la *Revue* du 30 novembre, t. XIV, p. 1128.
[3] *Z. f. physiol. Chem.*, t. XXXIX, p. 336.

taires. On a renoncé momentanément à ce système en remplaçant ces différentes sources de recettes par un impôt unique, dit d'assistance médicale, qui a été fixé à 3 francs par tête d'habitant.

§ 9. — Géographie et Colonisation

La navigation sur le haut Yang-tseu; les résultats de la Mission Hourst. — Les efforts faits par le commerce de diverses Puissances pour pénétrer dans la vallée du Yang-tseu ou Fleuve Bleu donnent aux recherches faites en vue de connaître l'état de sa navigabilité, en même temps qu'un intérêt scientifique de premier ordre, une très grande portée pratique. La Mission qui a été conduite par le lieutenant de vaisseau, aujourd'hui Commandant Hourst sur le Yang-tseu a rapporté une étude hydrographique détaillée des biefs navigables du haut fleuve et de ses affluents, et d'importants travaux topographiques sur la région riveraine, qui constituent l'œuvre géographique la plus considérable accomplie sur cette grande artère de la Chine méridionale.

Au point de vue de la navigation, tout était à faire. Le P. Chevalier avait bien, avec une patience et un soin qui méritent d'être loués, dressé un atlas du haut Yang-tseu en 64 feuilles; mais ce travail avait un intérêt surtout géographique, et il était loin de fournir toutes les indications qui peuvent être utiles aux navigateurs. Des essais de navigation avaient aussi été faits par les Anglais et les Allemands. En 1898, un Anglais, M. A. Little, fit monter à grand'peine une petite chaloupe jusqu'à Tchong-King. Deux bâtiments anglais à hélice, puis un navire de commerce à roues furent aussi conduits jusqu'au même point, en 1900. Les Allemands, moins heureux, la même année, subirent un terrible naufrage. Les officiers anglais avaient assurément dressé des cartes; mais leurs travaux ne sont pas accessibles, et, de plus, ils n'avaient pas été accompagnés de travaux de triangulation. L'objet de la Mission du Commandant Hourst était précisément d'entreprendre une étude exacte du fleuve par les procédés réguliers d'hydrographie, de franchir les rapides, d'établir des cartes du pays et, en même temps, de rédiger des rapports commerciaux en vue des établissements futurs.

Les deux navires de la Mission, la canonnière l'*Olry* et la chaloupe le *Ta-Kiang*, firent, dans l'espace de treize mois, un ensemble de reconnaissances qui représente un parcours de 2.444 milles marins pour le premier et de 2.160 pour le second. Les cartes de la Mission, pour le haut fleuve et quelques-uns de ses affluents, donnent 912 milles d'hydrographie, dont 625 milles d'hydrographie régulière triangulée et 287 milles d'hydrographie expédiée; elles comprennent à elles seules un millier de feuilles, auxquelles il faut ajouter les itinéraires terrestres.

De Chang-haï à I-tchang, le Yang-tseu constitue, on le sait, une puissante voie fluviale, large et profonde; mais au delà il n'en est plus de même. Le lit accuse une pente d'environ 25 centimètres par kilomètre, les rapides se succèdent en grand nombre, le fleuve coule en plusieurs points dans des gorges étroites ou se replie en méandres de court rayon. Néanmoins, les deux navires français réussirent à franchir, en vingt et un jours, les nombreux rapides qui s'échelonnent entre I-tchang et Tchong-King, et les 403 milles qui séparent ces deux localités. Puis les deux navires partirent pour Soui-fou, à 235 milles de Tchong-King; cette navigation fut très pénible pour l'*Olry*, qui fut surpris par une crue formidable. Les deux navires s'avancèrent un peu plus loin encore en s'engageant sur le Min, rivière sur laquelle est Tching-tou, la capitale du Sé-tchouen; l'*Olry* poussa jusqu'à Kia-ting, et le *Ta-Kiang* jusqu'à Meï-tchéou, à 3.200 kilomètres de la mer, en face de la plaine de Tching-tou.

Cette navigation, avec toutes ses difficultés, permit aux officiers de la Mission de recueillir de très précieux renseignements sur le régime du fleuve. Les travaux d'hydrographie furent faits aux basses eaux. Pendant la durée des hautes eaux, la navigation est souvent impossible. Le fleuve atteint des vitesses de six à huit nœuds, en dehors des rapides. Des crues rendent même le stationnement très dangereux. On en a noté de 103 pieds (34 mètres) en 27 heures. C'est pendant les interruptions forcées dans la navigation que le Commandant Hourst envoyait ses compagnons faire des relevés topographiques sur les rives du fleuve.

Il résulte des observations faites par M. le Commandant Hourst que le parcours d'I-tchang à Ping-chan-hien, en amont du confluent du Min, peut se diviser, au point de vue hydrographique, en deux sections distinctes. La première, de I-tchang à Wan-hien, est caractérisée par ses rives rocheuses, tantôt de gneiss, de granite ou de grès, tantôt calcaires, qui s'élèvent en parois abruptes, par de brusques variations de profondeur et par la présence de nombreuses sources jaillissant au fond du lit. C'est la partie la plus tourmentée du fleuve. L'autre section, en amont de Wan-hien, présente des rives en pente douce, dont les roches sont friables; le lit du fleuve est plus large, sa profondeur est plus régulière, et il s'y forme fréquemment des bancs de sable ou de galets, et parfois des îles.

Les difficultés que rencontre la navigation dans ces deux sections ne sont pas les mêmes. En aval de Wan-hien, elle est surtout entravée par des rapides. Ces rapides ont pour cause la pente trop accentuée et surtout les variations qu'amènent dans la section du lit les accidents de profondeur et les brusques étranglements du fleuve. On y distingue trois catégories de rapides. Les plus faciles à aborder se forment contre une pointe isolée, le fond de la berge restant assez haut, ou entre des berges qui se rapprochent sans qu'il émerge de promontoires, ou encore lorsque des rochers divisent l'eau en deux nappes séparées par un contre-courant ou une ligne de vitesse accrue; la seconde catégorie de rapides comprend ceux formés avec éperon sur chaque rive, l'extumescence rocheuse s'étendant obliquement par rapport à la direction du courant; enfin, il y a des rapides où des promontoires très marqués se font rigoureusement vis-à-vis. Ceux de cette dernière catégorie s'accentuent, à mesure que le niveau se rapproche de l'étiage; la forme du courant y est la plus violente à partir du milieu de décembre : elle est alors de 7 à 8 nœuds et celle des contre-courants de 4 à 5 nœuds. En dehors des rapides proprement dits, il existe de simples tourbillons, créés par des dénivellements du fond, qui sont loin d'être inoffensifs.

Dans la seconde section, au-dessus de Wan-hien, il n'existe plus de rapides à proprement parler. Les obstacles qui leur correspondent, et que le Commandant Hourst propose de désigner sous le nom de « courses », sont des plans inclinés où le courant est d'une extrême violence, par suite du peu de profondeur du lit ou des étranglements que forment les bancs et les îles.

M. le Commandant Hourst a laissé fort peu à faire pour une seconde campagne; à part quelques tributaires du haut Yang-tseu, tout le réseau des voies fluviales navigables qui se développe en amont d'I-tchang a été entièrement étudié, et l'on en possèdera la carte marine complète, grâce aux travaux de la Mission.

Mais est-ce à dire, malgré le succès de ce voyage, que le réseau fluvial parcouru par les deux navires français soit pratiquement ouvert à la navigation à vapeur? On est obligé de reconnaître que non. Les obstacles naturels, qui sont considérables, ont pu être franchis sous la direction d'officiers de la marine de guerre français ou anglais, mais il est douteux que des navires marchands puissent y établir une circulation régulière produisant des bénéfices rémunérateurs. Tous les efforts doivent tendre à la création d'une voie ferrée rattachant le cours supérieur du fleuve à I-tchang, que les steamers mettraient en communication avec Han-kéou et Chang-haï. **Gustave Regelsperger.**

LES OBJETS ULTRAMICROSCOPIQUES

De tous les instruments de Physique, le microscope est peut-être aujourd'hui celui dont l'emploi s'est le plus répandu dans le monde scientifique. Les physiciens et les chimistes, mais surtout les naturalistes, pétrographes ou biologistes, zoologistes, médecins, bactériologistes, en font un usage constant. Ils lui doivent depuis un demi-siècle une grande partie de leurs plus belles découvertes. Chaque jour encore, il enrichit la science de résultats nouveaux. Lui-même, il a dû pour cela subir de nombreux perfectionnements. Il suffit de comparer entre eux les divers modèles successivement créés depuis cinquante ans pour se rendre compte de son évolution. En même temps que des détails de construction en rendaient l'emploi plus commode[1], sa partie optique subissait des transformations considérables: les défauts d'aplanétisme et d'achromatisme étaient remarquablement corrigés; en même temps, la clarté et la netteté des images étaient augmentées par l'emploi d'objectifs à grande ouverture numérique et de dispositifs d'éclairage perfectionnés. C'est à la collaboration féconde de constructeurs et de physiciens que nous devons les instruments modernes, grâce auxquels des objets de plus en plus petits purent être définis et des structures de plus en plus délicates nettement résolues. Cependant, il sembla un jour que le pouvoir de définition du microscope ne pouvait plus être augmenté, et il se trouva que, dans diverses branches de la science, on fut conduit à soupçonner l'existence d'objets *ultra-microscopiques*, trop petits pour être vus même avec les meilleurs appareils.

La théorie géométrique des instruments d'Optique ne permettait pas de prévoir l'existence d'une telle limite. Un point, lumineux par lui-même ou éclairé, émet des rayons qui, reçus dans le microscope, y traversent plusieurs milieux. Les surfaces qui séparent ces milieux ont des formes telles que les rayons issus d'un point viennent, toutes réfractions subies, converger en un second point, qui est dit l'image du premier. Pour voir distinctes les images de deux points, si rapprochés qu'ils soient, il suffirait, si cette théorie était correcte, d'amener leurs points-images géométriques à une distance convenable: on pourrait toujours réaliser cette condition en se servant d'un grossissement facile à calculer.

[1] Pour les naturalistes, plutôt que pour les physiciens, qui ont parfois, par exemple, à examiner des objets trop gros pour trouver place sur la platine.

Or, les choses ne se passent pas ainsi. On peut, au delà d'une certaine limite, user de grossissements plus considérables sans rendre plus nets les contours des objets, sans distinguer les points dont la distance est inférieure à un minimum déterminé. La théorie des ondulations, qui, mieux que la théorie géométrique, rend compte d'un grand nombre de phénomènes, permet d'expliquer encore celui-ci. Supposons un point, lumineux par lui-même, placé devant le microscope; la théorie géométrique lui donne pour image un point: si l'on masque une partie du faisceau émis par l'objet, on ne fait que diminuer l'éclat de l'image. La théorie physique, au contraire, où l'on tient compte des phénomènes de diffraction, montre que l'image d'un point lumineux est une petite tache: si l'on masque une partie du faisceau qui la produit, non seulement on diminue la quantité totale de lumière qu'elle reçoit, mais encore on augmente en général son diamètre; l'image devient de plus en plus diffuse. Avec un faisceau assez étroit, on n'aurait plus du tout d'image; au contraire, avec un faisceau formant un cône plus ouvert, la petite tache, tout en devenant plus lumineuse, diminue de diamètre et se précise de plus en plus.

Cette remarque montre l'importance de l'ouverture angulaire du faisceau utilisé: une étude plus approfondie de la diffraction dans le microscope fait connaître la limite du pouvoir séparateur à laquelle nous avons fait allusion. Nous devons, au moins, résumer les résultats obtenus dans cette voie. A propos de cette importante question, les recherches de Abbe, comme on sait, ont rendu de très grands services pratiques. C'est sans doute, en effet, à ses travaux qu'il faut rapporter l'origine des perfectionnements les plus importants des objectifs et des appareils d'éclairage. Mais Abbe n'a pas publié lui-même les résultats complets de ses recherches, et la théorie qui lui est attribuée dans les ouvrages classiques n'est pas à l'abri de toute critique[1]. Lord Rayleigh[2], perfectionnant un

[1] Elle n'est pas non plus générale: elle s'applique particulièrement au cas où l'objet étudié est un *réseau* formé de traits parallèles et équidistants. D'après une communication récente de Czapski, Abbe a traité le problème de la diffraction dans la préparation et dans le microscope, d'une façon générale, dans des conférences faites en 1888, non publiées jusqu'ici.

[2] *Philosophical Magaz.* 1896. Lord Rayleigh aborde directement le problème du pouvoir séparateur en considérant deux points lumineux voisins, c'est-à-dire par une méthode tout à fait analogue à celle que l'on suit dans l'étude de la diffraction dans les lunettes. Il tient compte, ce que n'avait pas fait Helmholtz, de ce que les points ne

travail antérieur de Helmholtz, a édifié une autre théorie, dont les résultats ne diffèrent, d'ailleurs, pas sensiblement de ceux auxquels Abbe était arrivé. On peut indiquer comme valeur minima de la distance entre deux points voisins dont les images sont distinctes $\frac{\lambda}{2 n \sin \alpha}$, où λ désigne la longueur d'onde de la lumière éclairante, n l'indice du milieu dans lequel est plongé l'objectif, α le demi-angle au sommet du cône de rayons envoyés par un point situé sur l'axe de l'instrument, et réellement utilisés pour la formation de l'image. Le produit $n \sin \alpha$ est ce que l'on peut appeler l'ouverture numérique [1]. On a donc théoriquement deux moyens d'étudier au microscope des objets de plus en plus petits : diminuer la longueur d'onde utilisée, ou bien augmenter l'ouverture numérique.

Le premier moyen ne semble pas, *actuellement au moins*, permettre d'aller *très* loin. Si l'on voulait, comme on peut être tenté de le faire, utiliser des rayons ultra-violets de *très* courte longueur d'onde, on serait gêné, non seulement par l'obligation de remplacer l'observation à l'œil par des procédés indirects, mais plus encore par les difficultés que l'on rencontrerait dans le choix même de la source, et dans la fabrication de microscopes dont les lentilles devraient être transparentes pour les rayons choisis.

Quant au deuxième moyen, accroître l'ouverture numérique, il ne paraît pas que l'on puisse augmenter notablement les valeurs de cette quantité actuellement réalisées. Certains objectifs aujourd'hui recueillent des rayons arrivant presque parallèlement à la surface de la lentille frontale : l'angle α est presque droit et $\sin \alpha$ ne peut être augmenté. On ne peut non plus donner à l'indice n des valeurs considérables, car il faut que les rayons pénètrent dans le verre de la lentille frontale. Dans quelques objectifs à immersion, le produit $n \sin \alpha$ atteint la valeur 1,6 ; il ne semble pas qu'elle puisse être beaucoup dépassée. Dans ces conditions, on voit que la plus petite distance qui doit, d'après la théorie, séparer deux points pour que leurs images soient distinctes, est de l'ordre de 1/4 de longueur d'onde environ, c'est-à-dire à peu près un huitième de micron.

Si un objet tout entier a ses dimensions inférieures à cette limite, il est impossible d'y apercevoir le moindre détail, d'étudier sa forme, par exemple : c'est ce que les micrographes ont constaté. Pour des dimensions un peu inférieures à cette limite, les objets produisent l'impression de petites taches confuses à bords indistincts. Mais il y a plus : si l'objet devient plus petit encore, on ne le voit plus du tout, au moins quand on éclaire à la façon ordinaire, c'est-à-dire par transparence, avec un faisceau que recueille l'objectif. On se rend compte, en effet, que la petite quantité de lumière qui s'étale sur la tache de diffraction devient rapidement très inférieure à l'intensité des rayons directement transmis, et que la tache est vite noyée, en quelque sorte, dans le champ éclairé.

I

Les choses se passeraient autrement si, au lieu d'être éclairés, les objets à étudier étaient lumineux par eux-mêmes. Pas plus que dans le cas précédent, les détails ne pourraient nous apparaître ; mais les petites taches correspondant aux objets seraient néanmoins visibles et se détacheraient sur le fond obscur ; on pourrait donc mettre en évidence ces objets ultramicroscopiques, mais non étudier leurs détails. Une comparaison s'impose ; elle se poursuit d'ailleurs assez loin : nous voyons, même à l'œil nu, les étoiles dont le diamètre apparent est inférieur au pouvoir séparateur des plus grands télescopes ; mais nous n'avons aucun renseignement sur leur forme, leurs détails ; seules, la coloration et l'intensité des rayons qu'elles nous envoient, et qui viennent former sur la rétine une petite tache de diffraction, nous permettent de les classer en divers groupes. Mais nous ne voyons les étoiles à l'œil nu que la nuit, parce qu'elles s'effacent, pendant le jour, sur le fond lumineux provenant de l'atmosphère éclairée.

Ces remarques étaient déjà connues [1] ; c'est cependant tout récemment que deux physiciens allemands, Siedentopf et Zsigmondy [2], ont eu le très grand mérite de songer à les appliquer à la mise en évidence des objets ultra-microscopiques. Il y a peu de très petits objets lumineux par eux-mêmes, mais les deux physiciens remarquent que l'on peut arriver à quelque chose d'équivalent en les éclairant vivement. Un petit objet opaque, très vivement éclairé, diffuse ou plutôt diffracte de la

sont pas lumineux par eux-mêmes, mais éclairés par une source étrangère. Il peut alors exister des relations entre les phases des deux sources secondaires ainsi constituées. En les faisant entrer en compte, lord Rayleigh arrive à préciser la limite qui doit, dans diverses conditions, séparer les deux points pour que leurs images puissent être distinguées l'une de l'autre.

Lord Rayleigh vient de publier un complément à ce travail dans le numéro d'août du *Journal of the Royal Microscopical Society* (Londres). Dans le même journal, on trouvera également un travail important de Gordon et une discussion intéressante sur le même sujet.

[1] La définition de Abbe n'est pas tout à fait la même : l'ouverture numérique, telle qu'il la définit, ne changerait pas si l'on diaphragmait la lentille frontale de l'objectif.

[1] Drude : *Lehrbuch der Optik*, 1900, p. 222.

[2] *Drude's Annalen*, t. X, p. 1, 1903.

lumière dans tous les sens et se comporte à peu près comme une source ; c'est ce qui nous permet de voir les poussières de l'air, — et même des poussières très petites, — dans un faisceau de lumière solaire pénétrant dans une chambre obscure. En concentrant ce faisceau, de manière à les éclairer plus vivement encore, on augmente l'intensité des rayons émis à leur tour dans les diverses directions. C'est ce qu'avait déjà fait Gouy[1] dans son travail sur la diffraction *éloignée*, où il étudiait précisément comment un objet très petit sur lequel on concentre la lumière solaire diffracte de la lumière dans des directions même très *éloignées* de la direction moyenne du faisceau éclairant. Sans entrer dans le détail des résultats auxquels Gouy est arrivé, nous nous bornerons à dire que l'intensité des rayons diffractés décroît à mesure que l'on s'écarte de plus en plus de la direction des rayons directement transmis, que la lumière diffractée est, en général, colorée, et que la nature même du corps qui sert d'écran intervient directement dans ces expériences.

L'intensité de ces rayons diffractés n'est jamais considérable, et il convient de les utiliser le mieux possible ; c'est, en effet, le manque de lumière, comme l'ont fait observer Siedentopf et Zsigmondy, qui fixe une nouvelle limite à la petitesse des objets ultra-microscopiques eux-mêmes, et il n'y aurait aucune raison théorique empêchant de voir des objets plus petits, s'ils émettaient assez de lumière. Même, et cette remarque peut paraître au premier abord paradoxale, on se rend compte que le *grossissement* du microscope n'intervient plus directement, et que les objets *ultra-microscopiques* pourraient être vus, même à l'œil nu, s'ils étaient assez lumineux[1]. Le microscope ne sert qu'à recueillir plus de lumière et à séparer les points brillants les uns des autres. Aussi, dans les recherches sur les objets ultra-microscopiques, l'emploi d'un instrument puissant ne s'imposera-t-il que lorsque les points seront très nombreux, de même que, dans l'observation des étoiles, des lunettes douées d'un grand pouvoir séparateur seront nécessaires pour résoudre certaines étoiles doubles ou certaines nébuleuses.

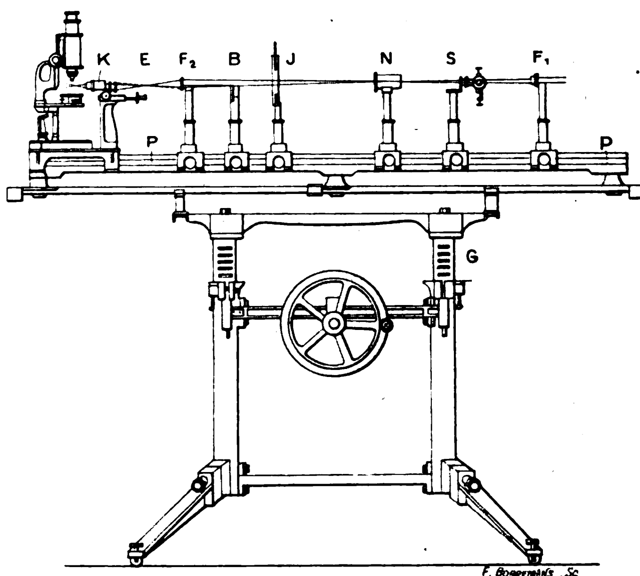


Fig. 1. — *Appareil de Siedentopf et Zsigmondy pour l'examen des particules ultramicroscopiques.* — Les pièces alignées sur le banc d'optique PP servent à produire le faisceau, qui doit n'éclairer, dans le milieu à étudier, qu'une tranche très mince. F^1, lentille concentrant les rayons sur la fente réglable S ; F^2, lentille convergente donnant en E une image réduite de la fente ; K, objectif de microscope donnant, dans le milieu à étudier, une image encore plus petite. Le milieu à étudier n'est pas représenté sur la figure ; il doit être limité latéralement par une face plane et polie : s'il s'agit d'un liquide (solution colloïdale d'or), une petite cuve spéciale peut se visser sur l'objectif lui-même du microscope. Les autres pièces figurées sont accessoires (nicol N et diaphragmes J et B ; G, crémaillère).

Siedentopf et Zsigmondy ont, pour éclairer leurs « préparations », employé un dispositif analogue à celui qu'avait réalisé Gouy. Sur les très petites particules à mettre en évidence, ils concentrent un faisceau intense de rayons solaires, mais de telle manière, — et c'est là une première condition essentielle, — qu'*aucun des rayons du faisceau éclairant ne pénètre dans le microscope destiné à l'observation.* Ils remarquent, en outre, que, pour que les petites taches correspondant aux divers objets ne se confondent pas, une seconde condition doit être remplie : *n'éclairer qu'un nombre suffisamment faible de ces petites particules.* S'il s'agit d'un solide, comme ces verres colorés par de l'or très divisé dont ils ont fait une étude spéciale, il faudra donc en éclairer une tranche extrêmement mince, si les particules sont très rapprochées.

L'appareil, d'une installation un peu compliquée, qu'ils ont réalisé est représenté schématiquement dans la figure 1. Il revient, en somme, à éclairer vivement une fente, et à en produire, à l'aide d'une sorte de microscope à projection retourné, une image considérablement réduite dans le milieu à étudier, limité par une face latérale plane et polie. Au voisinage de cette petite image, le faisceau a une profondeur très faible. On n'éclaire donc dans cette région qu'une tranche extrêmement mince du milieu à étudier ; c'est sur cette région qu'on met au point avec le microscope d'observation, dont l'axe est à angle droit de celui de l'appareil d'éclairage, et qui recueille ainsi des rayons diffractés

[1] Gouy : *Ann. Ch. et Ph.* (6), t. VIII, p. 145, 1886.

sous un angle dont la direction moyenne est à environ 90° de la direction du faisceau éclairant.

Dans ces conditions, Siedentopf et Zsigmondy ont réussi à mettre en évidence, dans ces verres à l'or, des particules dont les dimensions ont pu, dans les conditions les plus favorables, descendre jusqu'à 5 millièmes de micron environ, soit environ $\frac{1}{200.000}$ de millimètre ; il ne leur paraît pas que, faute de lumière suffisante, on puisse aller plus loin. Ces particules sont ainsi en diamètre environ vingt-cinq fois plus petites que les objets *microscopiques* les plus petits. Elles sont encore à peu près dix fois plus grandes que la valeur moyenne admise pour les distances moléculaires.

L'ordre de grandeur de ces dimensions ne pouvait être évalué, bien entendu, que par un procédé indirect. Voici le principe de celui que les auteurs ont imaginé : On compte, d'une part, le nombre de particules distinctes qui se trouvent dans un volume donné du verre ; on connaît, d'autre part, par une analyse chimique, le poids d'or contenu dans un volume également donné; le quotient des deux quantités, rapportées à un même volume, donne la masse moyenne des particules, et de cette masse on déduit les dimensions linéaires. Cette méthode suppose donc que tout l'or est à l'état de particules distinctes et de grandeur comparable, que la densité de l'or à cet état est celle que nous lui connaissons, et que les particules ont des formes à peu près régulières, voisines, par exemple, de celles du cube ou de la sphère. Une telle méthode indirecte, à laquelle on ne demande, bien entendu, que l'ordre de grandeur de la quantité cherchée, est indispensable en l'absence de tout procédé direct connu. Il n'y a, en effet, aucune relation simple entre l'éclat ou la coloration de la tache de diffraction et les dimensions de l'objet qui la produit[1].

Tels sont l'appareil et la méthode qu'ont employés Siedentopf et Zsigmondy; nous avons réalisé leur dispositif et répété sur des verres d'or l'expérience fondamentale de leur travail[2]. Pour l'étude des solides, qu'il n'est pas facile d'obtenir en couches extrêmement minces et bien régulières, nous croyons que cet appareil convient parfaitement. Mais nous avons pensé que, surtout pour l'étude des liquides, on pourrait réaliser un dispositif plus facile à construire, et surtout plus maniable, satisfaisant cependant aux conditions physiques indiquées précédemment.

[1] Il semble pourtant que peut-être une méthode directe pourrait être examinée où l'on utiliserait un procédé interférentiel analogue à celui qui a été appliqué à la détermination des diamètres apparents très petits de certains astres.

[2] Nous devons à l'obligeance de M. Gernez des échantillons de verre d'or provenant de la cristallerie de Baccarat. La collection du Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure nous a également fourni un très bel échantillon.

L'appareil que nous avons réalisé[1] modifie très peu le microscope ordinaire et n'exige pas une technique très différente de celle qu'emploient d'ordinaire les micrographes. Son principe est le suivant : si l'on éclaire la préparation, contenue, comme d'ordinaire, entre une lame et une lamelle à l'aide d'un faisceau très oblique arrivant par-dessous, les rayons de ce faisceau subiront la réflexion totale sur la face supérieure du couvre-objet en contact avec l'air et seront rejetés vers le bas. Aucun d'eux ne pourra pénétrer directement dans le microscope, dont le champ restera obscur. Seules, les petites particules qui rompent l'homogénéité du milieu observé diffracteront la lumière, en enverront de tous côtés, et, en particulier, dans le microscope. Une petite tache lumineuse sera l'image de chaque petit objet.

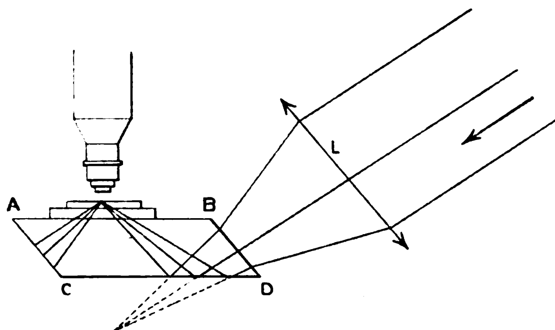


Fig. 2. — *Schéma d'un bloc de verre* ABCD *servant à appliquer le procédé par réflexion totale.* — Dans ce procédé, le milieu lui-même est pris en forme de couche très mince, éclairée par un faisceau L qui se réfléchit totalement sur la face supérieure. On a supposé dans la figure qu'il s'agissait d'un liquide et l'on a exagéré considérablement l'épaisseur du couvre-objet.

On peut évidemment réaliser de bien des manières un appareil permettant de produire un tel mode d'éclairement. Nous ne décrirons que celui qui nous a servi le plus souvent dans nos recherches. Il offre sur d'autres dispositifs, peut-être théoriquement un peu plus simples, l'avantage de ne pas modifier le montage du microscope et d'obliger seulement à en relever un peu le tube pour l'observation. Il est simplement formé d'un bloc de verre, taillé en forme de parallélipipède oblique à base rectangle, posé sur la platine du microscope ; la figure 2 donne une idée de ses dimensions. Sa hauteur est faible, et ses faces obliques font avec la base un angle d'environ 51 degrés[2]. Un appareil éclaireur est placé devant le microscope, et envoie sur

[1] *Académie des Sciences*, séance du 22 juin, et *Société française de Physique*, séance du 3 juillet 1903.

[2] Les parallélipipèdes de Fresnel, qu'on trouve dans la plupart des collections de Physique, ont un angle voisin et peuvent convenir à la rigueur.

la face oblique BD du parallélipipède un faisceau convergent dont l'axe est à peu près perpendiculaire à cette face. Ce faisceau subit une première réflexion totale sur la face inférieure CD du bloc de verre; renvoyé vers le haut, il le traverse dans toute sa masse, traverse également la lame porte-objet qui repose sur le bloc avec interposition d'une goutte de liquide de même indice, le liquide en expérience, le couvre-objet, et, arrivant à la face supérieure de celui-ci, subit une deuxième réflexion totale qui le renvoie vers le bas à travers les mêmes milieux. Sa convergence est telle que l'image de la source vient se former dans le liquide à observer, et cela précisément dans le prolongement de l'axe du microscope observant. On voit que, si les angles que font avec la verticale les rayons extrêmes du faisceau lumineux ont été convenablement choisis, les rayons pénètrent dans la préparation; mais aucun d'eux ne peut parvenir jusqu'à l'objectif, et, seule, la lumière diffractée par les particules vient en donner dans l'appareil une image vivement éclairée. On peut employer un objectif quelconque, par exemple un fort objectif à sec, d'ouverture numérique voisine de l'unité, mais non, bien entendu, un objectif à immersion; on ne pourrait évidemment s'en servir sans supprimer cette réflexion, qui est, en somme, le phénomène utilisé.

Un avantage important de ce dispositif réside dans la manière dont il permet d'employer une très grande partie des rayons émis par la source, chose impossible dans le procédé décrit plus haut de Siedentopf et Zsigmondy, qui sont obligés de perdre beaucoup de lumière pour n'éclairer qu'une couche très mince du corps en expérience. Nous avons déjà insisté sur la nécessité de se soumettre à cette condition. Dans notre procédé, cet inconvénient se trouve écarté si l'on a soin de prendre une préparation très mince de liquide. Nous avons sans doute aussi plus de lumière parce que nous utilisons des rayons diffractés moins écartés de la direction des rayons éclairants.

Grâce à l'éclairement intense que nous obtenons ainsi, nous avons pu, même avec une lampe de Nernst, faire un certain nombre d'observations. La figure 3 représente le dispositif employé dans ce cas. Les rayons sortant du condenseur de la petite lanterne renfermant le filament sont concentrés par la lentille qui suit. Nous avons, d'ailleurs, employé aussi d'autres sources lumineuses, telles que l'arc au mercure, et l'arc ordinaire, aussi, quand il a été possible, le soleil, dont l'éclat, supérieur à celui de toutes les autres sources, donne aux phénomènes observés leur maximum d'intensité.

Il est souvent commode, dans l'observation des préparations d'objets ultra-microscopiques, de pouvoir aussi observer à la manière ordinaire, c'est-à-dire par transparence. Avec le dispositif indiqué, la substitution de cet éclairage à l'autre se fait instantanément, puisque le faisceau éclairant utilisé pour l'éclairage par transparence peut traverser le bloc de verre[1]. On n'aura donc qu'à envoyer, à l'aide du miroir placé sous la platine, un faisceau lumineux vertical. On peut ainsi, sans toucher à la préparation, et en interceptant les deux faisceaux lumineux alternativement, examiner par les deux méthodes la même région de la préparation sans avoir à changer la mise au point.

Nous avons surtout parlé du dispositif qui nous a servi : mais nous devons ajouter qu'il n'est pas le seul qu'on puisse employer dans ces recherches, et que Siedentopf a lui-même présenté, dans une récente séance (17 juin) de la *Royal Microscopical*

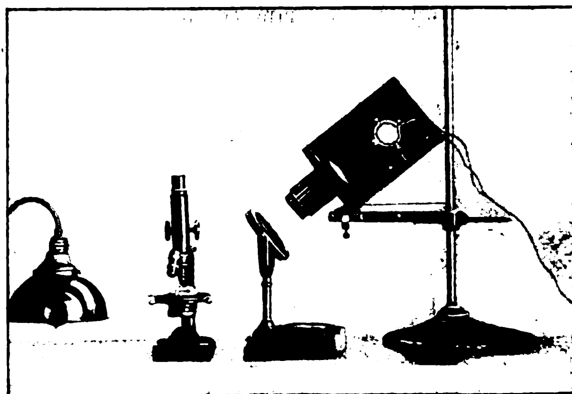


Fig. 3. — *Appareil pour l'examen des particules ultra-microscopiques dans des liquides ou des dépôts.* — Les rayons sortant du condenseur de la petite lanterne inclinée sont concentrés par une autre lentille L et pénètrent dans le parallélipipède ABCD de la fig. 2, posé sur la platine. La lampe visible à gauche de la figure sert lorsqu'on veut observer par transparence : pour l'examen des objets ultra-microscopiques, l'obscurité doit être faite dans la salle.

Society, de Londres, un appareil différent destiné à l'étude des liquides, et qui permet aussi l'examen des préparations faites à la façon ordinaire. Le procédé de Siedentopf vient d'être décrit sommairement dans le numéro d'octobre du journal de cette Société : il dérive de l'un des procédés déjà connus pour l'éclairage à fond noir, celui de Abbe. Les inconvénients qui nous avaient fait rejeter ces procédés sont en partie écartés par le nouvel appareil, mais on doit toujours employer un objectif et un condenseur spéciaux; Siedentopf rend opaque la portion centrale de la face extérieure de la lentille frontale de façon à arrêter le faisceau éclairant provenant du condenseur, disposé lui-même

[1] Pour pouvoir utiliser en même temps le condenseur, il conviendrait de modifier légèrement celui-ci : il faut, en effet, que les rayons éclairants viennent encore converger sur la préparation elle-même.

de façon à fournir un faisceau moins ouvert que les condenseurs usuels.

II

Quels sont maintenant les résultats que peut fournir l'examen des objets ultra-microscopiques? Nous croyons, avec Siedentopf et Zsigmondy, que, dans un grand nombre de recherches, on est en droit d'en espérer d'importants. C'est seulement à titre d'exemples, et pour montrer la variété des applications possibles, que nous passerons rapidement en revue quelques-unes des observations que nous avons pu faire jusqu'ici.

Nous indiquerons d'abord, comme fournissant un bon *test-objet*, l'*émulsion*, dite sans grains, qui sert à la photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann. Nous rappellerons que le bromure d'argent y est produit au sein même de la gélatine par double décomposition entre le bromure de potassium et l'azotate d'argent, et qu'ainsi il est extrêmement divisé : aussi la gélatine examinée au microscope par transparence ne paraît-elle pas contenir de grains de bromure. Rendons-la liquide en la chauffant légèrement et étalons-en une couche mince sur une lame; puis couvrons-la d'une lamelle, ou bien laissons-la sans couvre-objet se solidifier et se dessécher à l'abri de la poussière. Si nous l'examinons alors par réflexion totale, nous pourrons y voir un très grand nombre de points brillants. Avec un faible grossissement, l'aspect suggère immédiatement celui du champ d'une lunette astronomique, braquée sur une région de ciel très riche en étoiles. Cette analogie n'est pas aussi frappante dans les photographies qui ont été obtenues avec un fort objectif pour bien séparer les différents points et dont la figure 4 est une reproduction.

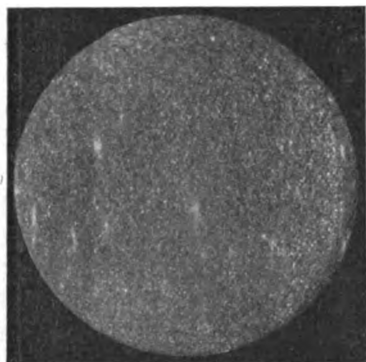


Fig. 4. — *Grains dans l'émulsion servant pour la photographie des couleurs par la méthode de M. Lippmann.* — On voit sur le cliché, mieux que sur la photogravure, de nombreux petits points brillants nets au centre du champ : ce sont eux qui proviennent des grains ultra-microscopiques. Les quelques grosses taches claires proviennent de poussières plus grosses, visibles par transparence à la façon habituelle. Photographie obtenue en lumière monochromatique (raie indigo de l'arc au mercure).

La couche employée était très mince, puisqu'elle ne donnait les couleurs des anneaux de Newton que lorsqu'on la saturait d'humidité : par suite, les grains qu'elle contenait étaient forcément très petits. On pourrait, d'ailleurs, se faire une idée de leur grosseur moyenne à l'aide d'une méthode d'évaluation indirecte analogue à celle que les auteurs allemands ont employée dans le cas des verres à l'or. Ainsi l'émulsion en question renferme effectivement des grains très petits. Ces grains sont bien formés de bromure d'argent, car ils disparaissent par l'action de l'hyposulfite. Avec la même émulsion, nous avons pu photographier des couleurs : cela ne tranche pas la question du rôle de ces grains dans la photographie des couleurs : il est possible, comme l'a fait observer M. Lippmann, que ces grains n'interviennent pas seuls dans la reproduction des couleurs ou même qu'ils ne se comportent que comme des obstacles inertes.

L'émulsion dont il vient d'être question est encore un exemple du cas où les particules sont en suspension dans un milieu solide, et, par conséquent, immobiles; c'est ce qui a permis de les photographier. Au contraire, si l'on examine par ce procédé un *liquide* renfermant des particules ultramicroscopiques, l'aspect se modifie; le plus souvent, tous les points brillants sont animés de mouvements très vifs, et parfois ils scintillent vivement. C'est qu'en effet interviennent alors les mouvements browniens, bien connus des micrographes. Leur amplitude, comme l'avait indiqué M. Gouy, dans l'étude qu'il a publiée dans cette *Revue* (t. VII, 1896, p. 1), croît à mesure que les objets en suspension deviennent de plus en plus petits.

Il est très facile d'obtenir des liquides renfermant des particules en suspension; il suffit de prendre un liquide quelconque légèrement louche, ou plus exactement *diffusant* la lumière. L'encre de Chine très diluée peut être citée comme un exemple de liquide renfermant, à côté de particules visibles par les procédés ordinaires, des particules ultramicroscopiques dont les mouvements browniens sont plus intenses.

Les liquides colloïdaux sont un exemple du cas où il n'y a plus de *grosses* particules. Nous parlerons en particulier du ferrocyanure de cuivre : ce corps, à l'état colloïdal, nous a été fourni par M. J. Duclaux, qui, pour d'autres recherches, l'a préparé à un état de pureté très grand. Ce liquide, regardé au microscope à l'éclairage ordinaire, entre lame et lamelle, ne montre aucune particule. Cependant, la présence de particules se laisse soup-

çonner, même sans microscope, parce que le liquide diffuse la lumière. C'est ce que l'on voit avec une grande netteté lorsqu'on en fait une préparation destinée à l'examen par le procédé de réflexion totale, car, dès qu'on a déposé une goutte de liquide sur la lame de verre, disposée à l'avance sur l'appareil, on voit ce liquide s'éclairer. Regardons-le après avoir mis un couvre-objet : si l'on emploie la lumière solaire, apparaissent, même avec un faible grossissement, de nombreuses particules : les plus petites sont animées de mouvements browniens très vifs qui, non seulement les déplacent dans le champ, mais encore font varier leur éclat, soit en les amenant à être plus ou moins bien au point, soit peut-être encore en leur faisant présenter successivement des faces plus ou moins étendues. L'aspect est encore plus remarquable si l'on emploie un objectif à grande ouverture numérique : le nombre des particules mouvantes et scintillantes augmente alors beaucoup. Si on laisse se dessécher les préparations, un dépôt formé d'un grand nombre de grains brillants se forme à la surface du verre (fig. 5).

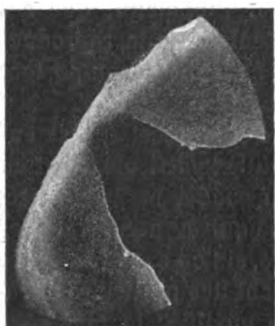


Fig. 5. — *Une région d'un dépôt obtenu en laissant évaporer une solution colloïdale.* — Pour faire cette photographie avec l'arc au mercure, on a choisi une solution renfermant des grains ultra-microscopiques plus gros que la solution de ferrocyanure citée dans le texte, qui nécessite l'emploi de la lumière solaire.

Les préparations permettent encore de suivre très bien le phénomène de coagulation. Le liquide dont nous parlons jouit, en effet, de la propriété, fréquente chez les liquides colloïdaux, de se coaguler si l'on y ajoute divers sels en très petite quantité. A notre liquide donc, ajoutons, dans la préparation même, une trace d'une solution d'alun, que nous y mêlerons en soulevant le couvre-objet : en un instant très court, les particules mobiles auront complètement disparu de la préparation. En même temps, auront apparu des amas, de couleur ocre quand on les éclaire par transparence, et qui ont, par conséquent, les caractères du ferrocyanure de cuivre précipité ordinaire. En les observant par réflexion totale, ces amas présentent un aspect granuleux très caractéristique. On les voit formés de petits grains brillants très rapprochés, mais distincts, et il ne paraît pas douteux qu'ils sont dus à l'agglomération des particules ultra-microscopiques qui ont disparu du liquide. Le liquide environnant les flocons est, en quelque sorte, « collé », et il nous a même semblé que, si l'on ajoute un autre liquide renfermant des particules, celles-ci viennent adhérer aux flocons du ferrocyanure.

On comprend sans peine l'intérêt que peut présenter cette méthode d'étude pour les biologistes. Les matières colloïdales sont, en effet, très répandues dans les organismes vivants ; elles y jouent un rôle prépondérant. Il est rare que les liquides qui les contiennent ne diffusent pas nettement la lumière : on les y soupçonne aisément à l'état de particules très petites. Elles se laissent souvent précipiter, soit par des solutions salines, soit par des diastases analogues à la présure ou à ces précipitines que l'on sait aujourd'hui produire en grand nombre. Il serait intéressant de mettre en évidence les particules de ces colloïdes à l'état normal et de suivre les phases de leur coagulation. Les diastases elles-mêmes sont toujours contenues dans des liquides colloïdaux, et leur activité semble liée à l'état des colloïdes qui peuvent les entraîner complètement lorsqu'ils se précipitent. L'étude optique de leurs solutions jetterait peut-être quelque lumière sur les causes de variation de l'activité des diastases. Nous comptons entreprendre quelques expériences à ce sujet.

Une autre application des procédés de recherche d'objets ultramicroscopiques serait importante à réaliser : il s'agit de l'étude de ces *microbes invisibles*, dont l'existence est certaine pour tous les bactériologistes et auxquels on est conduit à attribuer en Pathologie un rôle de jour en jour plus considérable, mais que leur petitesse dérobe à l'observation directe. Il faut remarquer à ce sujet que la forme des microbes est de tous leurs caractères microscopiques le plus net, et qu'il disparaît pour ceux qui sont trop petits. Il faudrait donc avoir recours pour reconnaître ceux-ci à d'autres caractères d'un emploi plus difficile : mobilité propre, tactismes, agglutination, etc. Il semble qu'en donnant aux microbes certaines colorations, on pourrait aussi faire varier l'éclat de la lumière qu'ils diffracteraient avec un éclairage approprié, et tirer de là un nouveau caractère. Nous avons examiné une culture vivante en bouillon du microbe de la *péripneumonie des Bovidés*[1], qui ne fournit à l'examen par les procédés ordinaires que des granulations indistinctes : l'emploi du procédé de réflexion totale y montre de très nombreux corpuscules brillants, dont les mouvements ne paraissent pas se distinguer nettement des mouvements browniens.

Une difficulté qui se présente constamment dans ces recherches est de pouvoir disposer de liquides de dilution ou de comparaison tout à fait dépourvus de particules ultramicroscopiques. Inutile de

[1] Nous avons dû cette culture à l'obligeance de M. Dujardin-Beaumetz, de l'Institut Pasteur.

dire qu'on en trouve même dans l'eau distillée qui n'a pas été préparée et conservée de façon spéciale. En revanche, parmi les liquides organiques, l'humeur aqueuse de l'œil nous a paru en contenir extrêmement peu. Au reste, dans les recherches d'ultramicroscopie, comme dans celles de microbie, les solides dont on est amené à se servir sont, plus encore que les liquides, capables de souiller les objets à examiner. Les porte-objets, couvre-objets, pipettes apportent aux préparations, si l'on ne prend des soins spéciaux, des poussières microscopiques et ultramicroscopiques. Les lames et les lamelles employées doivent être extrêmement propres.

Le moindre dépôt à la surface d'une lame de verre est, en effet, vivement illuminé. De même toute strie, toute rayure à la surface du verre apparaît nettement lumineuse. Aussi les lames et lamelles ordinaires qu'emploient couramment les micrographes, même pour certaines préparations délicates comme la coloration des cils des bactéries, ne nous ont pas paru suffisamment nettes. Nous prenons comme porte-objets de petits morceaux de glace nettoyés chimiquement[1] avec le plus grand soin et séchés à l'abri de la poussière. Quant aux couvre-objets, nous les avons taillés dans des lames minces fraîchement clivées d'un beau morceau de mica et nous les avons rejetés après chaque opération.

La facilité avec laquelle apparaissent dans les préparations des défauts, même très petits, des lames de verre employées, et qui est un inconvénient dans les applications précédentes, nous a suggéré d'employer cette même méthode à l'étude des petites irrégularités de la surface plane d'un milieu transparent. Si une face d'une lame de verre présente de petits défauts (creux ou stries), même invisibles au microscope, ils apparaîtront très vivement à l'aide de notre méthode. On peut espérer, en particulier, mettre en évidence par ce procédé des figures de corrosion ou des irrégularités de la surface des cristaux, alors qu'elles seraient trop peu marquées pour être vues avec l'éclairage par transparence (fig. 6).

Dans certains cas où les accidents de la surface

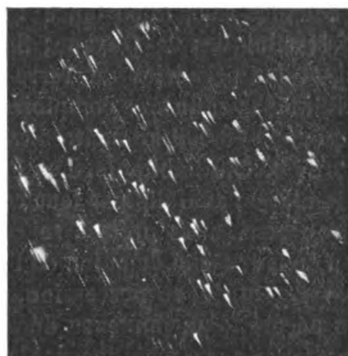


Fig. 6. — *Exemple de figures de corrosion.* — Sur une des faces d'une lame de gypse clivé, on a laissé séjourner un instant une goutte d'eau légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique.

sont très peu marqués, ils apparaissent très nettement lorsqu'on produit la condensation d'un dépôt de buée. L'inégalité de ce dépôt fournit peut-être le procédé le plus sensible que l'on ait pour mettre en évidence les modifications qu'une surface solide a subies, alors même qu'elles n'intéressent qu'une épaisseur extrêmement faible.

A. Cotton et **H. Mouton**,
Maître de Conférences suppléant à l'École Normale Supérieure.
Docteur ès sciences Attaché à l'Institut Pasteur

[1] Par des passages successifs dans une solution de permanganate acidulée par l'acide sulfurique, dans de l'eau régale, dans une solution de potasse caustique, et enfin par un lavage abondant à l'eau distillée.

L'EVOLUTION DU COMMERCE DU MONDE

ET SES RELATIONS AVEC LES DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES AU XIX[e] SIÈCLE

L'histoire des temps anciens nous révèle que, dès les premiers âges, le souci des intérêts commerciaux a été l'un des facteurs principaux de l'expansion des peuples civilisés. Et l'importance de ces intérêts s'est accrue à tel point, au cours des temps modernes, qu'à l'heure présente les grandes nations fondent leur politique extérieure sur leurs nécessités économiques.

Y a-t-il donc quelque chose de changé dans la situation économique du monde, au début de ce vingtième siècle? Si oui, quel est ce changement, et dans quelle mesure est-il lié au progrès de notre connaissance de l'Univers? Telles sont les questions auxquelles il est peut-être utile de répondre : le sujet est trop grave et trop actuel pour que les lecteurs de la *Revue* puissent s'en désintéresser.

I

Quelle était la situation commerciale de la vieille Europe au début du dix-neuvième siècle, ou plus

exactement au lendemain du Congrès de Vienne de 1814-1815? L'œuvre de reconstitution de l'Europe terminée, quatre nations seulement réapparaissaient sur les marchés du monde : la Grande-Bretagne, la France, les Pays-Bas et l'Espagne.

La Grande-Bretagne, maîtresse des mers, à la tête d'un empire colonial considérablement accru par ses conquêtes sur la France et sur les peuples alliés — forcés — de Napoléon. La France, épuisée par un effort intense et par trop prolongé, réduite à quelques colonies sans importance[1] : la Guadeloupe et la Martinique; la Guyane; Saint-Pierre et Miquelon et les pêcheries de Terre-Neuve ; le Sénégal, la Réunion; enfin nos comptoirs de l'Inde — en tout quelque 38.000 kilomètres carrés, peuplés d'environ 400.000 habitants. Les Pays-Bas, y compris la Belgique, affaiblis par leur coopération à l'œuvre française, mais prêts à se consacrer à l'exploitation de leur riche domaine de l'Insulinde. Enfin, l'Espagne ruinée, en possession, pour quelques années encore, d'un immense domaine colonial dans les Amériques, mais incapable de maintenir sous le joug ses possessions sud-américaines.

Le commerce de ces quatre nations conservait le caractère antique : il avait surtout pour but l'importation des produits précieux, des épices, des cafés et des sucres des Indes Orientales et Occidentales; l'exportation des produits métropolitains demeurait secondaire. Deux peuples seulement, d'ailleurs, avaient alors une industrie capable d'alimenter une exportation active : la France et la Grande-Bretagne.

Aucun autre peuple ne prétendait à faire figure sur le marché mondial. Chacun était enfermé chez soi, solidement protégé par des barrières douanières, se contentant de consommer ses propres produits, agricoles ou industriels, et ne demandant aux voisins que l'indispensable. Et comment fût-on parvenu à exploiter un vaste rayon territorial, quand les voies de communication étaient rares, mal entretenues, coupées à tout instant par les postes de douanes? L'heure n'était donc pas aux vastes entreprises commerciales, ni aux rivalités internationales.

Et, cependant, une évolution était prochaine qui allait transformer les procédés commerciaux de l'Europe.

II

C'est l'Angleterre qui donna le signal. Devenue grande nation maritime par la mise en vigueur de son Acte de navigation (1651), assurée de la prépondérance sur les mers par la défaite de la Hollande, l'anéantissement de la flotte marchande espagnole, et la disparition momentanée de la flotte française, elle était désormais en mesure d'effectuer les transports de continent à continent et d'Orient en Occident, sous la double condition que les marchés européens lui seraient accessibles et qu'elle pourrait fournir à ses navires un frêt d'exportation abondant. Les circonstances allaient réaliser bientôt ce double desideratum.

Depuis le règne d'Elisabeth, l'Angleterre souffrait d'une crise agricole[1] : les céréales disparaissaient graduellement des plaines cultivables pour faire place aux prairies d'élevage, et le peuple payait fort cher le grain nécessaire à sa subsistance. La production industrielle, intéressante pour l'époque, se développait sans cesse, et déjà les cotonnades de Manchester, les draps de Leeds, les fers de Birmingham et les charbons de Newcastle avaient un marché actif. Mais, encore disséminée dans les campagnes, la population ne s'astreignait pas volontiers à la vie de l'usine. Et, si la puissance industrielle de l'Angleterre s'affirmait déjà, elle ne pouvait prétendre à dominer le monde. La nation anglaise, désormais solidement constituée, laborieuse, tenace, entreprenante, n'avait pas encore trouvé sa voie. Un manufacturier, Richard Cobden; des hommes d'Etat : Huskisson, Canning, Bright et Fox; un économiste, Wilson, la lui indiquèrent en constituant la Ligue de Manchester : ils réclamèrent l'abolition des droits d'entrée sur les grains, d'abord, puis sur toutes les marchandises nécessaires à l'alimentation du peuple et à la production industrielle. Nous ne résumerons pas l'histoire de la célèbre campagne de la Ligue, qui remua l'Angleterre de 1828 à 1846, et eut son écho en France, en Belgique et même en Espagne. Nous rappellerons seulement que Robert Peel, en transformant en lois, de 1846 à 1850, les projets de l'Ecole de Manchester, consacra le triomphe du principe du *free trade*, c'est-à-dire du libre échange. Dès lors, l'Angleterre allait s'orienter vers de nouvelles destinées. Tous les produits alimentaires du monde entier entrant librement sur le sol anglais, l'agriculture nationale ne pouvait survivre qu'en exploitant les cultures les plus rémunératrices, d'après les meilleures méthodes et dans les meilleures terres. Ainsi fut-il fait. Et, de nos jours, l'agriculture anglaise se distingue par l'excellence de ses méthodes d'exploitation, mais aussi par l'insuffisance de sa production globale. Les céréales disparurent des terrains médiocres pour faire place aux herbages. Et nombre de ruraux, désormais sans emplois, prirent le chemin des usines.

---

[1] DUBOIS et TERRIER : *Un siècle d'expansion coloniale* (1902).

[1] PAUL LEROY-BEAULIEU : *De la colonisation chez les peuples modernes*.

L'industrie, en effet, largement approvisionnée de matières premières introduites en franchise, se développa rapidement. Et bientôt elle était en état de *surproduction*, c'est-à-dire que la population métropolitaine et coloniale ne pouvait absorber toute la production nationale. Il fallait songer à multiplier les débouchés en pays civilisés, en Europe par conséquent. Cette tâche incombait aux commerçants, servis par les armateurs.

Mais, au succès de l'entreprise s'opposaient de sérieux obstacles : le rempart douanier qui défendait chaque Etat, et l'atonie du commerce européen. Ces obstacles allaient s'aplanir. En effet, la France venait bientôt en aide à l'Angleterre, en s'orientant à son tour vers la doctrine de la liberté commerciale, et en inaugurant un système d'échanges de nature à concilier tous les intérêts.

Le libre-échange absolu, d'après la méthode anglaise, n'était possible qu'en Angleterre, c'est-à-dire dans un pays en possession de l'hégémonie maritime, capable d'assurer les transports par sa flotte marchande, et de défendre, dans toutes les mers, sa flotte marchande par une marine de guerre prépondérante. Tout pays continental qui aurait, comme l'Angleterre, sacrifié son agriculture à son industrie se serait exposé à deux graves dangers : celui d'être réduit à la famine, dans le cas d'une guerre avec la Grande-Bretagne, maîtresse des mers; et celui d'être condamné, en temps de paix, à une crise industrielle perpétuelle. Il importait donc de trouver une formule de transaction qui permît aux pays continentaux d'user d'un *libre-échange* modéré, ou d'une *protection* modérée, ce qui revenait au même. Et la France trouva cette formule en inaugurant les traités de commerce à longs termes.

L'agitation de la Ligue de Manchester avait eu son écho en France, nous l'avons dit. Le 10 février 1846, « l'Association pour la liberté des échanges » était fondée à Bordeaux, et des Comités se créaient à Paris, Lyon, Marseille, le Havre, etc. Bastiat, Horace-Emile Say, Michel Chevalier multipliaient les conférences et les brochures en faveur du libre échange. Mais leurs efforts ne convertissaient que les négociants des ports de mer et les économistes; agriculteurs et industriels restaient, en masse, fidèles au régime de la protection.

C'est alors que Michel Chevalier conçut le projet d'un régime facilitant l'expérience d'un libre-échange modéré, sans condamner définitivement la protection. Nous avons déjà donné, ici même, les grandes lignes de l'œuvre de Michel Chevalier, que Napoléon III prit sous son patronage[1]. Il nous suffira de rappeler que le traité de commerce franco-anglais de 1860, unissant pour dix ans les intérêts commerciaux des deux Puissances prépondérantes sur le marché mondial, inaugura le régime économique sous lequel l'Europe et le monde civilisé vivent encore aujourd'hui. Les traités de commerce à échéances fixes, ou *sine die*, se multiplièrent. Ils régissent de nos jours les rapports commerciaux de toutes les nations qui font figure dans le monde.

III

Le libre-échange absolu, selon la doctrine de Manchester, a fait la fortune de l'Angleterre pendant un demi-siècle. Et la France s'est, somme toute, bien trouvée du régime des traités de commerce. Mais ces modifications de régime économique n'auraient pas suffi à donner au commerce des nations européennes son importance actuelle, si leur activité n'avait pas été stimulée par d'autres causes d'ordre plus général.

Au milieu du siècle dernier, deux nations seulement avaient une vie économique intense : l'Angleterre et la France. Il a fallu, pour que toute l'Europe s'éveillât, que les grandes découvertes modernes vinssent renouveler l'outillage commercial. Grâce à ces découvertes, nous allons voir le commerce extérieur étendre sans cesse son rayon d'action. Jadis, la suprématie commerciale appartenait, sans conteste, à une seule nation, parfois à deux, et, tour à tour, les Cités italiennes, l'Espagne et le Portugal, la Hollande, la Grande-Bretagne avaient connu des heures de puissance incontestée, la France ayant toujours conservé une place honorable auprès d'elles.

Désormais, plusieurs nations se disputeront les premiers rangs, et le nombre des rivaux croîtra sans cesse. Cette multiplication des concurrents sera due : au perfectionnement des voies de communication internationales, ouvrant à chacun le marché mondial, et au développement de l'outillage industriel.

La découverte capitale fut celle de la vapeur ou, plus exactement, de la machine à vapeur. Les travaux de Papin, ses expériences sur la Fulda, en septembre 1707, si malheureusement terminées par l'intervention des mariniers du Weser, et, à la même époque, les travaux de l'anglais Savery avaient ouvert la voie utile[1]. En 1769, l'ouvrier mécanicien écossais James Watt prenait son premier brevet pour la construction de la véritable machine à vapeur, et, en 1785, les centres industriels de Liverpool, Manchester, Birmingham étaient

[1] Voir la *Revue* du 30 août 1901, t. XII, p. 759 et suiv.

[1] Louis Figuier : *Les Merveilles de la Science.*

dotés d'une force motrice nouvelle. L'utilisation de la vapeur pour les transports devait découler de cette découverte.

En 1770, l'ingénieur lorrain Cugnot essaie, à l'arsenal de Paris, la première voiture à vapeur. En 1814, Georges et Robert Stephenson mettent en service, dans les houillères de Killingworth, la première locomotive construite à Newcastle. Et en 1825, s'ouvrait la ligne de Darlington à Stockton, longue de 61 kilomètres. Mais la locomotive de Stephenson manquait de puissance, par suite de l'insuffisance de la chaudière. En 1828, le Français Marc Séguin, directeur du chemin de fer de Saint-Étienne, prenait son brevet d'invention pour remplacer la chaudière Stephenson par une chaudière à tubes, amélioration qui permettait d'augmenter considérablement la puissance de vaporisation. Toutefois, la cheminée de la locomotive étant trop courte, le tirage était imparfait : on lui donna toute son énergie en dotant la locomotive d'un *tuyau soufflant*, c'est-à-dire en dirigeant, par un tuyau, vers la cheminée de la chaudière, la vapeur utilisée par les cylindres des pistons. Depuis longtemps, le tuyau soufflant était connu : ce fut Georges Stephenson qui l'utilisa pour les locomotives. Ainsi outillée, la locomotive put atteindre une vitesse de 50 kilomètres à l'heure. Elle était définitivement constituée dans ses principaux éléments et n'exigeait plus que des perfectionnements. Le concours de locomotives de Liverpool, en octobre 1829, consacra le triomphe de Georges et de Robert Stephenson. Et ce dernier fut le premier ingénieur des chemins de fer.

C'est donc au moment où le libre échange fut inauguré en Angleterre que naquit la locomotive. Et ce fut pendant que la théorie de la liberté commerciale pénétrait dans l'Europe occidentale que l'industrie des chemins de fer s'établissait sur des bases solides.

Peu à peu, les voies ferrées prenaient possession du territoire européen, comme l'indique le tableau suivant, portant les dates de la création de la première ligne de chemin de fer dans les différentes nations[1] :

Royaume-Uni	année	1825
France	—	1828
Allemagne	—	1835
Belgique	—	1835
Autriche-Hongrie	—	1837
Russie	—	1838
Italie	—	1839
Pays-Bas	—	1839
Danemark	—	1844
Suisse	—	1844
Espagne	—	1848
Suède	—	1851
Norvège	—	1853
Portugal	—	1854
Luxembourg	—	1859
Roumanie	—	1860
Turquie et Bulgarie	—	1860
Grèce	—	1869
Serbie	—	1884

[1] *Bulletin de l'Office du travail*, février 1903.

Au moment où le commerce européen avait effectué sa première évolution, c'est-à-dire en 1870, l'Europe était déjà couverte d'un réseau assez dense de voies ferrées, et les chemins de fer

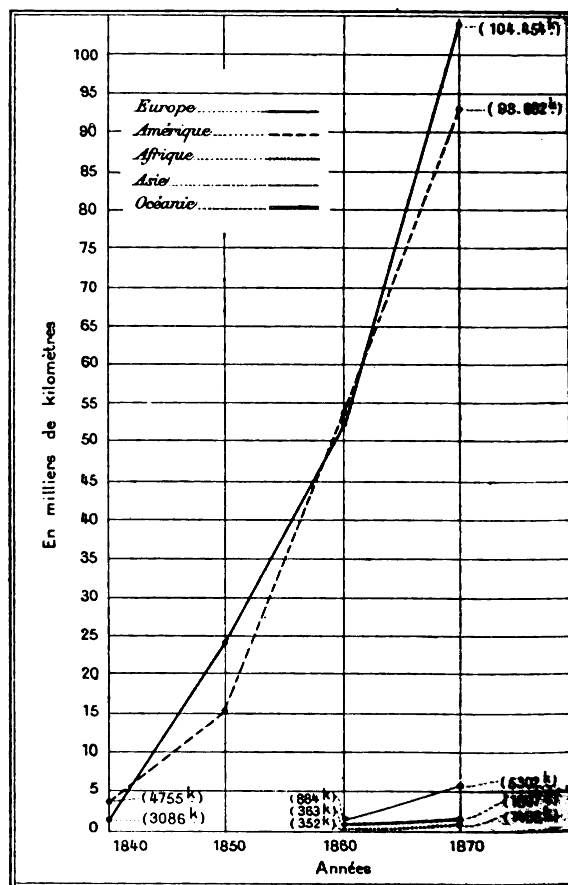


Fig. 1. — *Établissement des chemins de fer dans le monde, de 1840 à 1870.*

avaient paru dans le monde entier, comme l'indique le graphique de la figure 1.

Les produits commerciaux pouvaient donc circuler plus aisément dans toute l'Europe. Mais le grand commerce ne se serait développé que lentement si les transports par mer n'avaient pas pris une extension subite par la substitution de la navigation à vapeur à la navigation à la voile.

Nous avons déjà vu que Papin avait fait une vaine tentative pour lancer un bateau à vapeur sur le Weser, en Allemagne. L'Américain Robert Fulton reprit l'œuvre. Le 9 août 1803, il lança un bateau sur la Seine. L'expérience réussit, sans éveiller, toutefois, l'attention publique.

Fulton passa alors en Angleterre, puis en Amé-

rique. Et, le 11 août 1807, il lançait sur la rivière de l'Est le *Clermont*. Bientôt le navire était mis en service entre New-York et Albany (60 lieues environ) et effectuait son premier voyage, avec le seul Fulton à son bord, à l'aller, avec un seul passager au retour, le Français Andrieux. Désormais, la navigation à vapeur allait se développer régulièrement, Le 18 juin 1812, un mécanicien écossais, Henry Bell, lançait la *Comète* sur la Clyde, et établissait un service entre Glasgow et Greenock. D'autre part, un Français, le marquis de Jouffroy d'Abbans, qui avait déjà lancé un petit bateau à vapeur sur le Doubs, en 1776, et un navire sur la Saône en 1783, en mettait un nouveau en service, à Paris, le 20 août 1816 : c'était le *Charles-Philippe*. Le 9 mars de cette même année, l'*Élise* effectuait la première traversée entre l'Angleterre et la France. Enfin, les grandes traversées furent inaugurées par le *Savannah*, navire américain, qui partit de Savannah le 26 mai 1819, se rendit à Liverpool, puis à Saint-Pétersbourg et revint en Amérique. En 1825, l'*Entreprise* effectuait avec succès le voyage des Indes. La mer était donc ouverte à la navigation à vapeur.

Mais les grandes roues motrices de ces navires étaient exposées à de fréquentes avaries. L'invention de l'hélice devait doter les navires d'un propulseur plus robuste. Reprenant les travaux du capitaine Delisle, un constructeur de Boulogne, Frédéric Sauvage, démontra les avantages de l'hélice. En 1839, deux Anglais, MM. Smith et Rennie, donnaient les plans de l'*Archimède*, qui consacra la supériorité du nouvel engin. Et au même moment, Ericsson le mettait en service aux États-Unis.

Toutes les nations maritimes se lancèrent alors dans la construction des navires à vapeur, et bientôt les grandes compagnies de navigation se créaient, pour exploiter des lignes régulières mettant en communication constante les pays les plus éloignés et la vieille Europe.

Nous ne pouvons donner un tableau d'ensemble montrant l'extension prise par la navigation maritime pendant cette période. Mais la figure 2, indiquant les progrès de la navigation dans les seuls ports français (navires français et étrangers réunis)[1], suffira à donner une idée de ce mouvement. Cette figure montre que la navigation générale de la France était, en 1850, deux fois plus importante qu'en 1830, et, en 1870, trois fois plus importante qu'en 1850.

Le mouvement avait été sensiblement plus rapide dans le Royaume-Uni.

[1] Compte rendu des travaux de la Commission extra-parlementaire de la Marine marchande, 1899.

Par suite de la création des chemins de fer, les marchandises pouvaient maintenant circuler rapidement en Europe. Grâce à la navigation à vapeur, les produits extra-européens étaient à même d'arriver aisément en Europe, et les produits européens d'être exportés sans difficultés aux quatre coins du monde. Mais il eût été encore malaisé de combiner de vastes entreprises commerciales, si les négo-

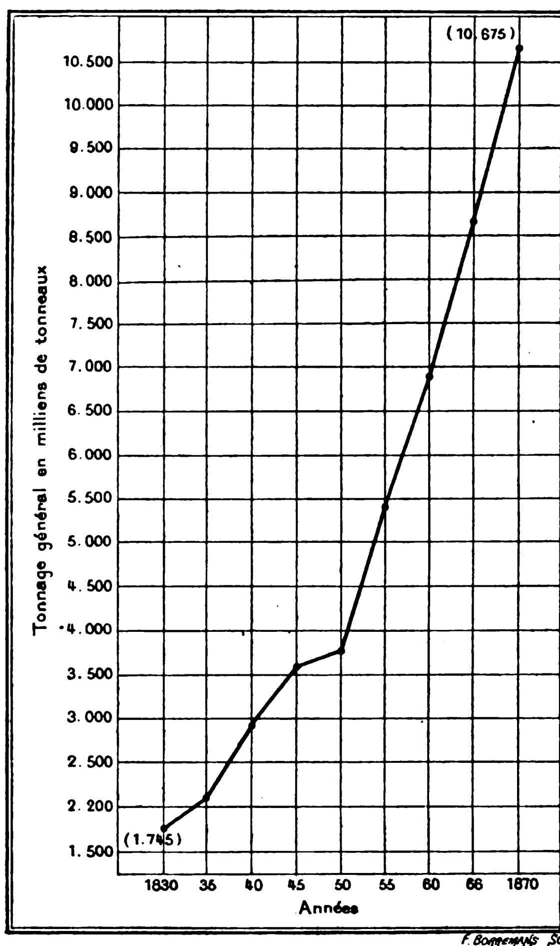


Fig. 2. — *Mouvement général de la navigation dans les ports français, de 1830 à 1870.*

ciants avaient dû continuer de lier leurs opérations par simple courrier postal.

Un nouveau mode de correspondance devenait nécessaire : la Science le découvrit, en créant le service des télégraphes. Le télégraphe aérien était insuffisant pour assurer des communications rapides et constantes. Il appartenait aux physiciens de mettre au service du commerce un instrument plus sûr et plus commode. Un peintre américain, Samuel Morse, professeur à l'Athénée de New-York, initié aux sciences physiques par ses conversations avec ses collègues, conçut le premier l'idée du télégraphe électro-magnétique. En 1832, il fabriqua le premier modèle du télégraphe qui porte son

nom. En 1837, des expériences eurent lieu, qui furent mal accueillies aux États-Unis. Après avoir vainement essayé d'exploiter sa découverte en Angleterre et en France, Morse revint aux États-Unis, finit par vaincre l'inertie de ses compatriotes, et, en 1844, une ligne télégraphique était établie entre Washington et Baltimore.

Parallèlement, des tentatives étaient faites en Angleterre pour établir la télégraphie électrique. Dès 1838, Wheatstone inventait un appareil à aiguilles qui, bien que compliqué, fut mis en service sur plusieurs lignes de chemins de fer. L'usage s'en généralisa bientôt, et le public fut admis à se servir de ce mode rapide de correspondance. L'exemple des États-Unis et de l'Angleterre stimula le Gouvernement français, et, en 1844, le constructeur-mécanicien Bréguet fut chargé de l'installation de la ligne Paris-Rouen, avec le directeur des lignes télégraphiques aériennes, M. Alphonse Foy. Le télégraphe Foy-Bréguet fonctionna jusqu'en 1854, époque où il fut remplacé par l'appareil américain Morse. Dès lors, le service télégraphique prit une extension rapide. Et bientôt l'Europe entière était unie par des lignes télégraphiques, soit du système Wheatstone, soit du système Morse.

Il importait cependant d'organiser les communications de continent à continent, pour parfaire l'œuvre. Et des essais furent tentés pour créer des câbles capables d'assurer la transmission électrique sous les eaux. Les premières tentatives furent faites aux bouches du Gange, dans l'Inde anglaise, en 1839. En décembre 1851, le vapeur *Blazer*, à bord duquel se trouvaient MM. Wollaston et Crampton, immergeait, dans le Pas-de-Calais, le premier câble sous-marin, entre le cap Southerland, près de Douvres, en Angleterre, et le cap de Sangatte en France ; la ligne Paris-Londres était inaugurée. Par suite de la pleine réussite de cette expérience, les câbles sous-marins se multiplièrent : ainsi furent unis l'Irlande et l'Angleterre, Copenhague et les îles danoises, le Danemark et la Suède, la France et l'Algérie, etc. Enfin, l'œuvre initiale fût couronnée par l'immersion d'un câble entre l'Irlande et Terre-Neuve, due à l'action énergique et opiniâtre du capitaliste américain Cyrus Field. Nous ne rappellerons pas les péripéties de cette célèbre entreprise : les échecs de 1857 et de 1858, le succès momentané du 5 août 1858, l'interruption de la transmission électrique, le nouvel échec de 1865. Mentionnons seulement le succès définitif de 1866, dû au génie d'un savant illustre, William Thompson (actuellement lord Kelvin), qui sut triompher des perturbations causées par la self-induction du câble, et l'heureuse campagne du *Great Eastern*, le précurseur des grands navires modernes.

La pose du câble transatlantique témoignait que la télégraphie sous-marine ne connaissait plus d'obstacles invincibles.

Le télégraphe ayant ainsi permis de communiquer constamment, et presque instantanément, de monde à monde, et la vapeur ayant mis à la disposition des commerçants des engins de transport rapides, l'art de l'ingénieur semblait avoir fourni tout son effort. Cependant, une entreprise d'un autre ordre allait surgir, qui devait contribuer, pour une large part, à l'évolution du commerce moderne. M. de Lesseps avait conçu le projet de rapprocher l'Europe de l'Orient en perçant l'isthme de Suez. Londres se trouverait ainsi plus près de Calcutta d'environ 5.000 kilomètres, et Marseille plus près de Saïgon de près de 9.000 kilomètres. L'œuvre ébauchée[1] par Séti Ier, Necos et Darius, étudiée par Colbert, suivie par notre diplomatie sous Louis XV et sous Louis XVI, rêvée et préparée par Bonaparte, tentée par Mehemet-Ali et les Saint-Simoniens, allait enfin être accomplie grâce à l'énergie du français Ferdinand de Lesseps. Nous ne pouvons songer à résumer ici l'histoire du Canal de Suez. Nous nous bornerons à rappeler que, malgré une opposition active et soutenue de l'Angleterre, Saïd Pacha délivrait, le 30 novembre 1854, le firman de concession à *son ami* Ferdinand de Lesseps; le 5 janvier 1856, les statuts de la « Compagnie universelle du Canal maritime de Suez » étaient approuvés par Saïd; le lundi de Pâques 25 avril 1859, le premier coup de pioche était donné sur le lido de Port-Saïd; et, le 17 novembre 1869, l'*Aigle*, portant à son bord l'Impératrice des Français, entrait dans le canal, suivi des yachts de l'Empereur d'Autriche, du Prince de Prusse et de soixante-cinq autres navires.

L'ouverture du canal de Suez rendit au bassin de la Méditerranée l'importance commerciale qui lui avait été ravie par la découverte de l'Amérique et de la route des Indes par le cap de Bonne-Espérance. De ce fait, le commerce de la France devait encore s'activer, tandis que renaissait celui de l'Italie, de l'Autriche-Hongrie et de la Russie méridionale.

IV

Mais le grand commerce ne peut s'exercer librement qu'autant que le numéraire circule avec abondance et que le crédit est offert largement. Du fait même des grands travaux nécessités par la construction des chemins de fer, la création des lignes télégraphiques et des câbles sous-marins, l'organisation des établissements métallurgiques chargés de fournir aux besoins des chantiers de

[1] J. Charles-Roux : *L'Isthme et le Canal de Suez.*

construction pour navires à vapeurs et navires cuirassés, et par l'ouverture du canal de Suez, les États européens, comme les sociétés privées, avaient besoin de faire des appels fréquents à l'épargne publique. Pour que ces appels fussent entendus, il était nécessaire que les financiers intervinssent à titre d'intermédiaires entre les capitalistes et les ingénieurs. Aussi voyons-nous les établissements de crédit multiplier leurs succursales, et de nouvelles banques se créer partout. La Banque de France établit, de 1860 à 1870, vingt-cinq nouvelles succursales. Le Crédit lyonnais se fonde en 1863. En 1864, apparaît la Société Générale. En Angleterre, les banques privées se multiplient. Et le mouvement s'étend à toute l'Europe.

D'autre part, les filons d'or du Sacramento et du San Joaquin étaient découverts en Californie : les mines donnaient une production de 25 millions de francs en 1848, de 300 millions en 1851, de 350 en 1854. En 1851, une découverte analogue était faite en Nouvelle-Galles du Sud (Australie), près de Bathurst, à 150 milles de Sydney.

En 1846, la production des métaux précieux dans le monde (non compris la Chine et le Japon) était évaluée à 310 millions par an; en 1851, elle monta à 686 millions. Augmentation du stock monétaire et diffusion du crédit allaient donc concourir au développement des affaires commerciales internationales. Et les nations déjà prépondérantes sur le marché du monde, l'Angleterre et la France, devaient être les premières à bénéficier de la situation.

Les expositions universelles apparaissent et livrent au monde entier le secret de la puissance industrielle de l'Europe : l'Exposition de Londres, en 1851, réunit 17.000 exposants ; 24.000 figurent à celle de Paris en 1855; 27.500 prennent part à l'Exposition de Londres de 1862 ; et les exposants à l'Exposition de Paris de 1867 atteignent le chiffre de 42.217.

Aussi, le commerce extérieur de l'Angleterre croît-il rapidement.

En 1811, il était évalué à 1.400 millions;

De 1855 à 1859, sa moyenne s'établit à 7.800 millions;

De 1865 à 1869, elle atteint 13 milliards.

Le commerce extérieur de la France se développait parallèlement. Les moyennes quinquennales du commerce général sont, en chiffres ronds :

De 1845 à 1850	2.225 millions
De 1855 à 1859	5.000 —
De 1865 à 1869	7.935 —

Il semblait donc, en 1870, que la conquête des marchés du monde serait disputée par deux nations seulement : l'Angleterre et la France.

La guerre franco-allemande de 1870-1871 vint modifier la situation et ouvrir une nouvelle période qui a donné au commerce mondial une vitalité imprévue.

V

Parmi les nations du Nord-Ouest de l'Europe, il en était une dont le passé commercial témoignait d'aptitudes réelles pour les grandes affaires : c'était l'Allemagne. Bien peuplée, habitée par une race patiente, tenace, disciplinée, mais active aussi, suffisamment riche en produits agricoles et privilégiée au point de vue des produits miniers, la nation qui avait su organiser la Ligue du Rhin, la Ligue de Souabe et la Ligue Hanséatique pouvait prétendre à jouer un rôle économique important dans les temps modernes. Mais il lui fallait d'abord *exister*, en tant que nation. Il fallait qu'un homme se rencontrât, habile, tenace et sans scrupules, pour fondre en un bloc les vingt-six royaumes, principautés et duchés éparpillés de la Vistule au Rhin et du Danemark aux Alpes, et en constituer un seul peuple, par le fer et par le sang. Cet homme fut le prince de Bismarck. Le *Zollverein* (union douanière) avait préparé les voies à l'unification. Dès 1819, une Association allemande du Commerce et de l'Industrie se fondait à Francfort. En 1828, la Bavière et le Wurtemberg confondaient leurs frontières douanières. En 1833, la Prusse et trois petits États s'unissaient à ce groupement. En 1841, le Zollverein se constituait officiellement et, en 1851, une même barrière douanière encerclait les 25 millions d'habitants appelés à former le nouvel empire allemand. Le commerce de cette région bénéficia singulièrement de l'accord douanier. Mais, pour paraître avec autorité sur le marché mondial, le nouveau groupement avait besoin de prendre confiance en lui-même. Ce fut alors qu'intervint M. de Bismarck. Il préluda à son œuvre diplomatique par la guerre des duchés, terminée par la paix de Vienne du 30 octobre 1864; la poursuivit par l'éviction de l'Autriche, c'est-à-dire par la guerre d'Autriche, clôturée par le traité de Prague du 23 août 1866; et la termina enfin par la guerre franco-allemande et le traité de Francfort-sur-le-Main du 10 mai 1871. Proclamée dans la Galerie des glaces, à Versailles, pendant le siège de Paris, le 18 janvier 1871, l'unification de l'Empire allemand fut sanctionnée par les nations intéressées. Et l'Allemagne fit, dans le monde, une apparition d'autant plus sensationnelle qu'elle venait de témoigner d'une formidable puissance militaire.

Désormais, toujours prête à l'œuvre de guerre, elle allait s'orienter vers le commerce et l'industrie. Il lui fallait d'abord créer l'outillage économique nécessaire à une grande nation. Pour y réussir, elle ferma ses frontières, dès 1879, par des tarifs

nettement protecteurs. Elle s'assurait ainsi son propre marché, annuellement agrandi par un contingent moyen de 500.000 nouveaux citoyens. Actuellement, alors que les naissances balancent à peine les décès en France, elles fournissent, en Allemagne, un excédent de 750 à 800.000! Ses manufactures se développèrent, ses voies de communication se multiplièrent, et l'activité tenace de ses ingénieurs et de ses savants donna une vive impulsion à ses industries minières, métallurgiques et chimiques. Bientôt ses usines se trouvèrent, à leur tour, en état de surproduction, et il fallut songer à placer à l'étranger les produits que la consommation nationale ne suffisait plus à absorber. Déjà les voies étaient préparées par de nombreux émigrants établis dans l'Amérique du Sud, et surtout dans l'Amérique du Nord. Fidèles consommateurs des produits métropolitains, ils facilitaient l'exportation allemande, et d'autant plus qu'ils faisaient apprécier autour d'eux des marchandises, de qualité inférieure quelquefois, mais toujours à bon marché. En même temps, des écoles techniques allemandes, sortaient en foule des voyageurs de commerce instruits, parlant plusieurs langues, souples d'allures, prêts à se conformer aux goûts de leurs nouveaux clients et n'imposant pas les leurs comme leurs collègues d'Angleterre et de France, tenaces dans leurs entreprises, et offrant des crédits à long terme. Le marché du monde leur fit bon accueil, leur donna des commandes, et peu à peu l'industrie allemande, perfectionnant ses méthodes de production, surtout en ce qui concernait les industries artistiques et de luxe, put fournir des produits à bon marché, toujours, mais aussi solides, somme toute, que les marchandises rivales.

L'Angleterre et la France avaient, désormais, un nouveau concurrent, non seulement sur le marché mondial, mais encore sur leurs propres marchés. Faut-il appeler en témoignage la célèbre brochure *Made in Germany* qui fit tant de bruit, il y a quelques années, en Angleterre?

D'autre part, une nation jusqu'ici isolée à l'est de l'Europe, la Russie, affirmait sa volonté de prendre rang parmi les Puissances industrielles. Frustrée des avantages qu'elle comptait retirer de ses victoires sur la Turquie pendant la guerre de 1877-78, et obligée de signer le traité de Berlin du 13 juillet 1878, après avoir obtenu le traité de San-Stefano du 3 mars, elle orienta son action extérieure vers l'Asie centrale et la frontière de Chine. Elle ne perdait pas de vue, cependant, ses intérêts européens. Blessée par les procédés de la diplomatie allemande, dont toutes les prévenances allaient à l'Autriche, elle se décidait à contracter une alliance avec la France, et l'annonçait au monde par les fêtes de Cronstadt et de Moscou de juillet 1891. A son *amie* et *alliée*, la Russie demanda l'argent nécessaire pour développer sa puissance industrielle. Elle l'obtint. Et, fermant de plus en plus ses frontières par des taxes sévèrement protectrices, elle put bientôt fournir à ses besoins, et même exporter ses produits en Extrême-Orient.

Entre temps, le monde allait voir apparaître un nouveau fournisseur, géant par son territoire, par sa population, par ses richesses minières, par ses richesses forestières, par sa production métallurgique, par sa production agricole de céréales et de bétail, par l'activité, l'énergie et la hardiesse d'entreprise de ses commerçants : les Etats-Unis. De la guerre de Sécession, terminée en 1865, et dont les dernières traces disparaissaient en 1877, la grande République fédérative sortait plus forte et plus unie. Vivifiées sans cesse par une forte natalité et une immigration annuelle de plus d'un demi-million d'hommes faits; protégées aussi par des taxes fort élevées, parfois même prohibitives, l'agriculture et l'industrie des Etats-Unis se sont développées à tel point que, d'importatrice qu'elle fut jusqu'en 1895 environ, la nation américaine est devenue exportatrice et entend conquérir une place importante, non seulement sur les marchés d'Extrême-Orient, mais même sur ceux de l'Europe.

VI

Donc, à la fin du XIXe siècle, quatre grandes nations : Angleterre, Allemagne, France, Etats-Unis, se sont constituées fournisseurs du monde. Et auprès d'elles, la Russie, la Belgique, la Hollande, et, sur certains marchés, l'Italie, font effort pour conquérir leur part de clientèle. Cette multiplication des rivaux est un fait nouveau dans l'histoire économique, et ce fait nécessite une courte explication. Il tient aux causes suivantes : à l'épanouissement des phénomènes déjà constatés, — amélioration des voies de transports, rapidité des communications, développement intense des institutions de crédit; à la surproduction industrielle, due à la division du travail et au perfectionnement de l'outillage mécanique; enfin, à l'élargissement du marché de consommation, dû aux entreprises coloniales de l'Europe et aux tentatives de pénétration dans les pays d'Extrême-Orient.

Un mot de chacune de ces causes.

Nous avons vu comment étaient nés les chemins de fer, et quel était leur développement en 1870. Le graphique de la figure 3 nous fera connaître ce qu'ils étaient devenus en 1900.

Et, de ces lignes ferrées, certaines traversent un continent tout entier. Telles les cinq lignes trans-

continentales américaines, dont la première fut le Central-Pacific (5.400 kilom.), unissant, dès 1869, New-York, Chicago et San-Francisco. Tel encore le Transcontinental canadien, joignant Halifax et Vancouver (6.000 kilom.), qui sera doublé, vers 1907, d'une ligne reliant Québec à Port Simpson, sur le Pacifique (5.300 kilom.). Tel surtout le Transsibérien, qui unit Moscou, et par Moscou tout le réseau européen, à Vladivostock, d'une part, et par son prolongement : le Transmandchourien, à Dalny (Port-Arthur), sur le golfe du

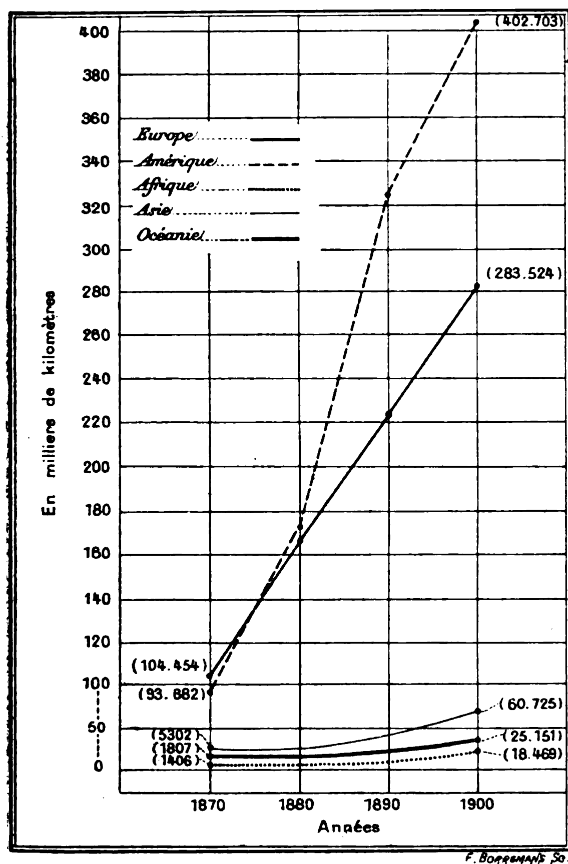


Fig. 3. — *Les chemins de fer du monde au 1er janvier 1901.*

Petchili. Commencé en 1892, le Transsibérien était terminé en 1902 et une voie commerciale de 10.680 kilomètres réunissait Saint-Pétersbourg à Vladivostock. A l'heure actuelle, la voie ferrée fonctionne de Saint-Pétersbourg à Barantchiski (Baïkal) ; un steamboat l'été, des traîneaux l'hiver, joignent Barantchiski à Myssovaya, sur l'autre rive du Baïkal; et, très prochainement, une ligne ferrée contournant le lac comblera cette lacune. La voie ferrée reprend de Myssovaya à Stretensk, se prolonge par la navigation à vapeur sur l'Amour (2.142 kilom.) jusqu'à Khabarovsk, et enfin les rails reparaissent jusqu'à Vladivostock. Il faut de 29 jours à 35 jours, suivant les saisons, pour aller de Moscou à Vladivostock.

Une ligne plus intéressante encore a été greffée sur le Transsibérien : le Transmandchourien, mettant en communication la ligne Moscou-Stretensk avec Dalny (Port-Arthur), appartenant à la Russie, d'une part, et bientôt Pékin, d'autre part. Dès maintenant la nouvelle ligne mandchourienne fonctionne; et depuis le 8 mars 1903, des vapeurs de la Compagnie russe des chemins de fer de Mongolie font le service de Dalny à Shanghaï et Nagasaki. On peut aller en dix-huit jours, par cette voie, de Paris à Shanghaï.

Grâce à une dépense globale de 200 milliards, le monde entier est donc sillonné, à l'heure actuelle, de voies ferrées. Et, tous les jours, la rapidité des trains augmente. Sur les voies solides de la vieille Europe, les rapides font 100 kilomètres à l'heure, remorqués par des locomotives de 1.600 à 1.800 chevaux de force!

De son côté, la navigation à vapeur s'est développée dans des proportions analogues. La flotte marchande à *vapeur* des pays civilisés était :

En 1850.	de 2.400.000	tonneaux.
En 1880.	de 10.000.000	—
En 1900.	de 22.000.000	—

La flotte commerciale moderne représente 15 milliards de francs. Et les grandes Compagnies de navigation mettent au service du commerce, à des prix excessivement bas, d'autant plus bas que les navires grossissent davantage et font plus de voyages annuels, soit des cargo-boats monstres, soit des courriers rapides.

Le *Celtic*, de la White-Star-Line (Cie anglaise), construit à Belfast, a une jauge brute de 29.000 tonneaux, 213 mètres de longueur, et peut porter 2.850 passagers, plus 400 hommes d'équipage. Il a coûté 15 millions et demi de francs. Nous sommes loin des 350 tonneaux du *Savannah*.

Le *Deutschland*, de la Hamburg-Amerika-Linie, de Hambourg, doté de 36.000 chevaux de force, et long de 209 mètres, détient le record de la vitesse sur mer : bien que jaugeant 16.500 tonneaux bruts, il a pu faire, en 5 jours et 6 heures, à la vitesse de 43 kilomètres (près de 23 nœuds 1/4) à l'heure, le trajet de New-Nork aux Iles britanniques. Où sont les 25 jours de la première traversée d'Amérique en Europe? Et les Compagnies allemandes, anglaises, françaises, américaines, belges, rivalisent pour mettre à la disposition des voyageurs et des marchandises des navires de plus en plus confortables et de plus en plus rapides.

Aussi la navigation internationale se développe-t-elle tous les jours. La navigation extérieure du monde civilisé (pour navires chargés seulement, entrées et sorties réunies) fournissait, en 1880, un total de 185 millions de tonneaux · ce total

est, aujourd'hui, de 300 millions de tonneaux.

Et non seulement les distances diminuent, par suite de l'augmentation de la rapidité des transports, mais elles diminuent *réellement*, grâce aux modifications que l'art de l'ingénieur fait subir au Globe.

Profitant de l'expérience acquise à Suez, les ingénieurs s'attaquent aux isthmes avec toutes chances de succès.

L'isthme de Corinthe a été percé en 1893, et doté d'un canal de 5.940 mètres, qui unit la mer Ionienne à la mer Egée.

Le canal Empereur Guillaume, de Kiel à l'Elbe, (99 kilom.), ouvert en 1895, met en communication la Baltique allemande et la mer du Nord, en évitant les détroits danois.

Le Ship-Canal, de Liverpool à Manchester, ouvert en 1894 (57 kilom.), conduit directement les cargo-boats chargés de coton dans la métropole des cotonnades anglaises.

Le canal d'Ymuiden (24 kilom.), ouvert en 1876, permet aux gros navires de gagner Amsterdam.

Le canal de Panama, dont une compagnie française commença les travaux, va être percé par les États-Unis; et, dans une douzaine d'années, tout au plus, les navires allant d'Europe à San-Francisco effectueront un trajet plus court d'environ 10.000 kilomètres.

Tout en remaniant la carte des voies maritimes, l'ingénieur modifie la carte des voies terrestres en creusant des tunnels sous les montagnes que la locomotive ne peut franchir. En 1871, le tunnel du Mont-Cenis (12.220 mètres) a rapproché Lyon de la vallée du Pô. En 1880, le tunnel du Saint-Gothard (14.900 mètres) a ouvert une ligne directe entre Gênes et l'Europe centrale. En 1905 ou 1906, le tunnel du Simplon (19.737 mètres) unira Gênes à la haute vallée du Rhône. Les lignes ferrées du Brenner et de l'Arlberg ont mis l'Italie du nord et la Suisse en communication rapide avec la vallée du Danube.

Pendant ce temps, le réseau des communications électriques continuait de s'étendre sur le monde. A l'heure actuelle, 300.000 kilomètres de câbles sous-marins et environ 1.200.000 kilomètres de lignes terrestres, desservies par près de 6 millions de kilomètres de fils, mettent, quotidiennement, et minute par minute, le commerce international au courant de ce qui se passe dans le monde habité. Les appareils télégraphiques Hughes impriment leurs dépêches en lettres courantes, et les Baudot transmettent plusieurs dépêches sur le même fil, concurremment. Et peut-être le commerce pourra-t-il utiliser bientôt le télégraphe sans fil, que les expériences de l'Italien Marconi, patiemment poursuivies depuis 1896, ont déjà rendu suffisamment pratique : il est acquis, à l'heure présente, que, *sur mer*, le télégraphe sans fil transmet dix mots de cinq lettres, par minute, à 300 kilomètres. *Sur terre*, sa portée pratique n'est encore que de 40 kilomètres, mais n'est-ce pas un début plein de promesses.

Une nouvelle et précieuse invention : la téléphonie, est venue rendre plus actives encore les communications électriques. Dès 1865, Philippe Reiss, un Allemand, instituteur à Friedrichshoff, découvrit le principe de la transmission électrique des sons musicaux. En 1876, Graham Bell, professeur à l'Hospice des sourds-muets de Boston, créait le téléphone électro-magnétique. Mais ce téléphone ne transmettait pas la voix avec toute la netteté et l'intensité désirables. Il restait à trouver un appareil capable de développer l'intensité des effets produits dans le téléphone. L'Américain Edison inventa, en 1877, le micro-téléphone, rendant plus pratique l'appareil de Bell. Hughes mettait enfin en service, en 1878, un microphone qui fait aujourd'hui du téléphone un instrument d'un maniement facile, transmettant nettement la voix à 1.500 kilomètres, en attendant mieux. Le développement du réseau téléphonique des pays civilisés doit atteindre, aujourd'hui, 6 à 700.000 kilomètres.

Donc, de nos jours, grâce aux courriers transportés par les trains rapides et les paquebots de premier rang, grâce aux dépêches et aux messages téléphonés, les nouvelles du monde entier sont connues à toute heure.

Mais un intermédiaire était nécessaire pour que le grand public en fût informé. La « presse » s'est chargée de ce rôle d'intermédiaire. L'œuvre dont Jean Gutenberg (Hans Gensfleisch) jeta les bases, avec Fust et Schœffer, au milieu du xve siècle, s'est à ce point développée qu'elle fournit, plus que largement, aux besoins des peuples civilisés. Revues techniques, grands journaux quotidiens, presse populaire — 6.000 journaux rien que pour la France — munis de fils télégraphiques spéciaux, d'imprimeries leur appartenant, de machines perfectionnées, livrent tous les jours, aux pauvres comme aux riches, les renseignements transmis de pays à pays, de continent à continent. Et l'on connaît, heure par heure, à New-York, Londres, Paris, Hambourg — comme on les connaîtra plus tard à Péking — les oscillations des cours des bourses financières et commerciales des grandes places du monde.

VII

On comprend donc qu'en de pareilles circonstances le commerce extérieur du monde civilisé ait rapidement évolué. Nous avons déjà dit, à cette place[1], quel avait été le développement com-

[1] Voir la *Revue* du 30 août 1901, t. XII, p. 759 et suiv.

paré du commerce des grandes nations jusqu'à la fin du XIXᵉ siècle. Rappelons seulement quel est, à l'heure actuelle, le chiffre du commerce extérieur des principales nations commerçantes :

Royaume-Uni. .	22 milliards	(commerce général)
Allemagne . . .	12 milliards 1/2	(commerce spécial)
États-Unis . . .	11 milliards 1/2	—
France	8 milliards 1/2	—
Pays-Bas	7 milliards 1/2	—
Belgique	4 milliards 1/2	—

Au total, le commerce extérieur du monde civilisé se tient dans les environs de 100 milliards, dont 70 milliards pour l'Europe.

Pour régler cette énorme somme d'opérations

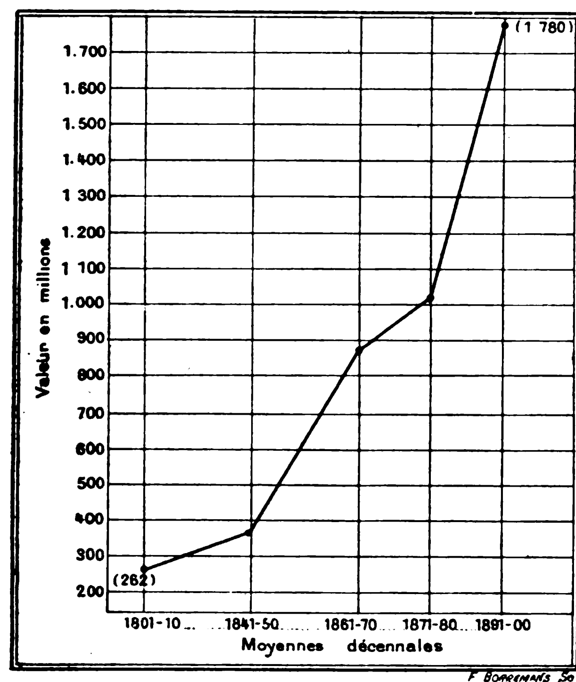


Fig. 4. — *Production globale de l'or et de l'argent dans le monde au XIXᵉ siècle.*

Le total annuel pour les trois dernières années a été le suivant (l'argent étant pris pour sa valeur nominale) :

1898.	2.550 millions.
1899.	2.650 —
1900.	2.420 —

annuelles, il était nécessaire que le stock métallique du monde s'accrût et que le crédit se perfectionnât.

Ainsi en a-t-il été.

Au moment où l'ouverture du Canal de Suez menaçait de détourner l'attention de l'Europe de l'Afrique du Sud, les mines de diamants du Cap[1] (Griqualand-West) appelaient en Afrique australe les aventureux — nous ne disons pas les aventuriers — de tous pays. Un « rush » se produisit, en 1870-1871, qui aboutit, quand le temps eut discipliné l'effort, à l'entrée en scène de l'Anglais Cecil Rhodes et des « Hommes de Kimberley ». La création de la de Beers (Compagnie des diamants) fit la fortune des grands financiers de Kimberley. Poursuivant leurs recherches vers le Nord, ces hardis exploitants découvrirent les Champs d'or, et Johannesbourg naquit. Les mines d'or du Transvaal allaient fournir au monde le métal jaune dont il avait besoin. En 1895, 481 Compagnies, disposant de 2 milliards de capitaux, étaient à l'œuvre. Dans quelles proportions la découverte des mines d'or du Transvaal a-t-elle vivifié le marché des métaux précieux? Les figures 4 et 5 l'indiquent nettement[1].

En même temps, le crédit se développait toujours.

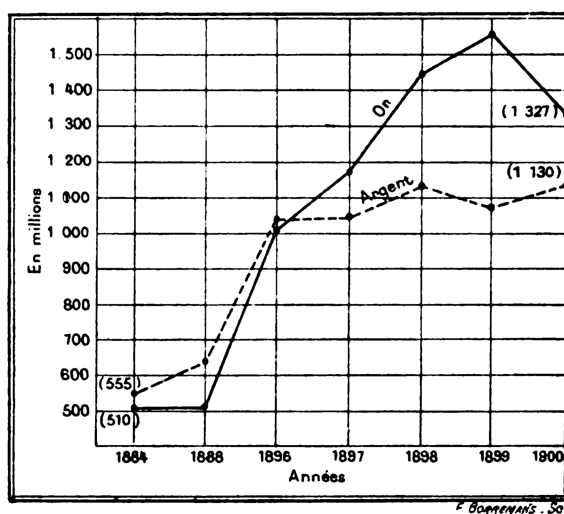


Fig. 5. — *Production détaillée de l'or et de l'argent dans le monde.*

La multiplication des succursales des grandes banques en Europe, la création de nombreuses succursales à l'Étranger; l'amélioration de la législation commerciale régissant les effets de commerce; la généralisation du chèque, qui nous est venu d'Angleterre; l'amélioration des méthodes financières des États civilisés, ayant pour résultat l'amélioration du change, — toutes ces causes ont rendu le crédit d'autant plus facile.

On peut juger de l'activité des affaires commerciales modernes par le chiffre des *compensations* effectuées dans les Clearing houses d'Amérique, d'Angleterre et de France.

En France : la Chambre des banquiers de Paris a compensé, en 1900-1901, 10 milliards et demi, tandis que la Banque compensait 45 milliards; le Clearing house de Londres compensait, de son côté, 241 milliards; celui de New-York, 401 milliards; et les 92 établissements américains de ce genre, 599 milliards au total.

[1] MERMEIX : Le Transvaal et la Chartered.

[1] *Bulletin de statistique du ministère des Finances*, avril et novembre 1902.

VIII

Nous savons, maintenant, quelle est, à l'heure présente, l'activité commerciale du monde civilisé, et nous connaissons les causes qui l'ont produite. Il nous reste à expliquer pourquoi l'Europe et les États-Unis se sont lancés dans les entreprises coloniales — fait caractéristique de l'expansion économique à la fin du XIXe siècle.

Une préoccupation économique et le soin de surveiller les routes maritimes sont les deux causes principales de cette orientation nouvelle de la politique européenne.

Précisons d'abord le fait économique. Le développement intense du machinisme, dû à l'utilisation de la vapeur et, parfois, de la force électrique dans les ateliers, a eu pour résultat direct une production industrielle intensive. L'industriel poursuit, quotidiennement, la solution de ce problème : produire le plus possible, en utilisant tout son outillage, pour réduire ses frais généraux et établir des prix de vente de plus en plus bas. Tant que le marché national et les marchés voisins moins bien outillés ont pu absorber cette production, on a vécu comme par le passé.

A mesure que la science progressait, que le livre, la presse et les Expositions universelles livraient de plus en plus à chacun les procédés perfectionnés de tous ses concurrents, l'outillage de chaque grande nation s'est mis au niveau de celui des peuples voisins. Il est devenu difficile de conserver un monopole de fait : telle nation, plus riche en mines, a une main-d'œuvre plus chère; telle autre, par des tarifs douaniers modérés, se procure à bon marché les matières premières dont elle a besoin. Et comme chemins de fer et gros navires apportent partout, de toutes les parties du monde, tous les produits, le moment est venu où la consommation, en Europe, n'a plus témoigné de facultés suffisantes pour absorber la production industrielle. Il a fallu songer, alors, à trouver des débouchés aux colonies. Les nations essentiellement colonisatrices, comme l'Angleterre et la France, ont cherché à développer leur empire colonial. L'Angleterre s'y était efforcée de tout temps; les circonstances aidant, elle est devenue plus entreprenante encore. Elle s'est annexé colonie sur colonie, tantôt pour la richesse du pays, tantôt pour sa situation sur une route principale des mers, tantôt pour occuper les issues du canal de Suez, ou garantir ses possessions de l'Inde, tantôt pour prévenir l'action d'un rival. La France, d'autre part, occupant l'Algérie, a songé à arrondir son domaine africain, en y annexant la Tunisie; puis elle a étendu ses possessions de l'Ouest africain. Pour assurer sa situation en Orient, elle a dû refaire, en Indo-Chine, son empire indien disparu; puis occuper Madagascar, pour surveiller la route de sa nouvelle colonie.

Entre temps, l'Allemagne, qui s'était contentée, pendant quelques années, d'avoir « des colons sans colonies », a prétendu organiser à son tour un empire colonial. Et les trois Puissances, par des traités successifs, ont fini par se partager l'Afrique presque tout entière.

De leur côté, la Hollande et le Portugal essayaient de conserver leur lot, en l'améliorant. L'Italie manifestait le désir, non encore satisfait, de se constituer un domaine colonial. La Russie s'étendait de plus en plus en Asie, au point de s'annexer une moitié de ce continent.

La fièvre coloniale semblait, cependant, particulière à l'Europe, quand elle a, tout à coup, éclaté aux Etats-Unis. La nouvelle et déjà formidable Puissance américaine n'avait-elle pas, d'ailleurs, soit à protéger les républiques sœurs, au nom de la doctrine de Monroë, soit à se créer des stations pour surveiller les nations européennes de plus en plus envahissantes?

De cette poussée générale, il est résulté une série d'entreprises coloniales, dont nous ne pouvons songer à faire ici l'historique complet, et dont nous nous bornons à donner les pensées directrices. De nos jours, la France possède un domaine colonial utile de 4 millions de kilomètres carrés, peuplé de 45 millions d'habitants; l'Angleterre dispose de 29 millions de kilomètres carrés, où vivent 350 millions de sujets; la Hollande exploite 2 millions de kilomètres carrés, avec 35 millions d'habitants; l'Allemagne a réuni déjà 2 millions et demi de kilomètres carrés, avec 12 millions d'habitants; la Russie détient 17 millions de kilomètres carrés et 25 millions de sujets asiatiques; les Etats-Unis ont conquis sur les Espagnols, ou obtenu par traités internationaux : Cuba, Porto-Rico, les Philippines, les îles Hawaï, les Samoa et l'île de Guam; ils négociaient, hier encore, l'achat des Antilles danoises.

Mais voici que, tout ce qui pouvait être occupé facilement, dans le monde habité, obéissant à un maître européen, la vieille Europe ne s'est pas tenue pour satisfaite. Et pourquoi donc? Jusqu'au milieu du XIXe siècle, comme aux plus beaux jours du Pacte colonial, les colonies étaient surtout considérées comme des clients producteurs de richesses nécessaires à la métropole, et bien peu d'entre elles absorbaient une quantité notable de produits métropolitains. Après l'évolution de l'industrie européenne et le développement du machinisme, quand arriva l'heure de la surproduction générale, on leur demanda de devenir surtout des consommateurs de produits industriels. Et ce vœu n'a pas été accueilli. Il ne pouvait pas l'être d'ailleurs : en

couvrant de ses divers pavillons des millions de kilomètres carrés, peuplés de millions d'habitants, l'Europe n'a pas, pour cela, ouvert des débouchés sensibles à ses industriels. Les populations africaines, notamment, ne sont ni assez denses ni assez riches pour constituer un marché actif; leurs mœurs sont trop différentes des nôtres pour que nos usages deviennent aisément les leurs; leurs voies de communication sont trop rudimentaires pour que nos produits pénètrent facilement dans l'intérieur des terres. Le mouvement commercial s'est accru, sans doute, sur la bordure maritime; mais l'hinterland demeure, d'une manière générale, inexploité. Des années et des dizaines d'années s'enfuiront, avant que les produits autres que les produits métallurgiques, destinés aux travaux publics, trouvent dans ces pays neufs un écoulement suivi. Et, cependant, le stock des produits industriels invendus augmente sans cesse en Europe, en même temps que la production persiste à se développer.

L'Europe a donc constaté que les milliards dépensés pour les expéditions coloniales et pour la construction des flottes de guerre destinées à défendre les nouvelles colonies « ne payaient pas » comme disent les américains. Il a fallu chercher des débouchés immédiats sur les territoires à population très dense. Et c'est alors que l'Europe a dirigé ses flottes vers la Chine, habitée par *426 millions* d'habitants. Quel beau marché de consommation, s'il était possible d'y trouver libre accès!

L'Allemagne fut la première à tenter l'aventure en s'installant, pour 99 ans, à Kiao-Tchéou, en 1898. Mais les rivaux ne pouvaient lui laisser le champ libre.

A la première nouvelle de l'affaire de Kiao-Tchéou, la Russie s'installa à son tour à Port-Arthur et Talien-Wan; l'Angleterre, déjà maîtresse de Hong-Kong, à Weï-Haï-Weï; la France arrondit son domaine indo-chinois et l'Italie fit une tentative infructueuse pour prendre pied sur le Céleste Empire. Mais l'entreprise de pénétration ne se poursuivra pas sans difficultés graves. La Chine n'entend pas renoncer à ses habitudes et à sa civilisation, vieilles de 3.500 ans. Et elle a répondu à l'agression européenne par le soulèvement des Boxers de 1900.

Au moment où nous écrivons, l'Empire Chinois est étroitement surveillé, sur trois côtés, par trois puissantes nations : au Nord, par la Russie, qui se sert de la meilleure des méthodes de pénétration : la construction des voies ferrées; à l'Est, par l'Angleterre, dont l'attention est concentrée sur la grande route commerciale du Fleuve Bleu; au Sud, par la France, solidement établie au Tonkin. Mais ces trois nations n'ont pas les coudées franches : elles ont, à leur tour, deux surveillants, actifs et entreprenants : les Etats-Unis, dont la flotte peut traverser en 20 ou 25 jours le Pacifique, et le Japon. Ouvert depuis 50 ans à peine au commerce européen, le Japon s'est plié avec une surprenante facilité à la civilisation occidentale : il a constitué une flotte de guerre capable d'entrer en lutte avec celle d'une nation européenne de puissance maritime moyenne; il dispose d'une armée, organisée à l'européenne, qui a fait ses preuves de solidité en 1900 auprès des troupes alliées, et qui peut réunir 250.000 soldats; 6.000 kilomètres de chemin de fer sillonnent son territoire; ses usines sont actives et ses arsenaux peuvent assurer le bon entretien de sa flotte. Il avait, le premier, songé à exploiter les richesses de la Chine, et avait préludé à une alliance sino-japonaise par la guerre de 1894-1895. Privé d'une partie des avantages acquis au traité de Simonosaki (1895) par l'intervention de la Russie, de la France et de l'Allemagne, il a momentanément lâché sa proie. Mais il n'a pas renoncé à jouer un rôle en Chine : l'alliance anglo-japonaise en témoigne.

Il semble donc bien que le « partage » de la Chine — il serait plus juste de dire : l'exploitation — ne soit pas chose facile. D'une part, les 426 millions de Chinois sont capables de se défendre utilement, ne serait-ce que par la force d'inertie, la plus redoutable de toutes les forces. D'autre part, les envahisseurs n'ont aucun plan d'ensemble; et les Puissances européennes : Russie, Angleterre, France, Allemagne, indépendamment de leurs propres rivalités, ont à compter sérieusement avec les Etats-Unis et le Japon.

L'avenir nous dira quels seront les résultats pratiques de la gigantesque entreprise commencée en 1895 et dont la Russie, pour le moment, a seule retiré des bénéfices appréciables.

IX

Il nous reste à résumer la leçon des faits que nous venons de constater, et à déduire les règles générales des entreprises commerciales au début du xxe siècle.

De nos jours, nulle nation, si puissante qu'elle soit, alors même qu'elle serait sévèrement protégée par des taxes douanières, ne peut prétendre à monopoliser certains produits, agricoles ou industriels. La nécessité des relations commerciales internationales s'impose à ce point que nul peuple ne peut s'isoler par des taxes prohibitives, sous peine d'étouffer dans sa ceinture douanière. Le régime économique de l'Europe peut être plus ou moins libéral, plus ou moins protectionniste, mais il sera toujours *général*. Et, de ce fait, les condi-

tions de la production agricole et industrielle sont uniformisées.

La facilité des communications, par chemins de fer et paquebots rapides, tend à niveler tous les marchés des différents produits, non seulement en Europe, mais dans le monde entier. Il faudra donc, et de plus en plus, que le grand commerce se contente de bénéfices modestes pour pouvoir soutenir la lutte contre les rivaux. Et il tendra, nécessairement, à multiplier ses opérations, pour maintenir le chiffre global de ses bénéfices. Il en résultera la multiplication des grandes entreprises, appuyées sur de gros capitaux, et la disparition graduelle des maisons modestes.

Mais, du fait que les rivaux seront de plus en plus puissants, la lutte deviendra de plus en plus âpre. Et elle devrait se terminer par des ruines nombreuses si l'on ne réussissait pas à la discipliner.

Par la force des choses, elle se disciplinera. Et elle a commencé à se discipliner. Les Cartels allemands et autrichiens, les Syndicats de producteurs français, les Trusts américains ont organisé le mouvement. L'avenir est aux syndicats, nationaux d'abord, puis internationaux, et même intercontinentaux.

La grande production moderne ne sera rémunératrice que si elle est réglementée. Et l'organisation de la vente doit accompagner l'organisation de la production. Syndicats ouvriers, groupant la main-d'œuvre; syndicats patronaux, groupant les capitaux, — et une entente permanente entre les deux, réglant les *conditions* de la production; — trusts, ou syndicats, englobant tous les industriels d'une même catégorie, et réglant l'*importance* de la production, tels seront vraisemblablement les cadres de l'organisation industrielle de l'avenir.

Syndicats, ou trusts, réunissant sous une même direction les services de production et les services de vente des produits, semblent devoir se multiplier.

La formation de syndicats, ou de trusts, s'imposera de même aux entreprises rivales de transports internationaux.

L'exploitation des colonies ne deviendra possible qu'à des compagnies disposant de capitaux importants. Et la pénétration dans les grands marchés de consommation d'Extrême-Orient ne se produira que par l'action de compagnies financières puissantes, mettant leurs capitaux au service des entrepreneurs de travaux publics et des sociétés commerciales.

Dans cette nouvelle organisation du grand commerce moderne, le négociant d'ancien type ne trouve plus sa place. L'ordre, l'économie, l'activité, qui suffisaient au commerçant de jadis, sont encore des qualités nécessaires; mais il faut, en plus, au négociant moderne, de gros capitaux et une instruction étendue : avec des ressources médiocres, il sera à la merci des grandes entreprises concurrentes; sans une instruction commerciale complète, il ne pourra utiliser tous les éléments d'appréciation que lui livrent si abondamment les publications techniques, et verra ses combinaisons ruinées par des oscillations brusques, que ses concurrents, mieux informés, auront su prévoir.

Ainsi se justifient ces mots : que l'instruction donnée de nos jours à la masse doit être, avant tout, économique.

Dans un monde où les fortunes tendent à se niveler, il ne sera plus possible à l'énorme majorité des citoyens — pour ne pas dire à tous — de vivre sans travailler. Et, pour que le travail soit rémunérateur, il devra être scientifiquement conduit. Le monde de l'avenir appartiendra à l'ingénieur, au financier, au commerçant[1]. Voilà pourquoi les écoles techniques se sont multipliées dans toutes les nations civilisées : écoles d'ingénieurs ou d'arts et métiers, pour les jeunes gens adonnés à la science du mineur, du physicien, du chimiste, du mécanicien; écoles d'agriculture, pour les jeunes gens désireux de tirer de la terre un rendement rémunérateur; écoles supérieures de commerce, pour les jeunes gens désireux d'entrer dans les entreprises financières, commerciales ou coloniales.

La France ne s'est pas laissé distancer dans l'organisation des écoles commerciales : quatorze Ecoles supérieures de commerce travaillent à donner aux étudiants le moyen pratique de jouer un rôle utile dans le monde moderne. L'Allemagne possède deux Universités commerciales (Leipzig et Aix-la-Chapelle), et de nombreuses Ecoles d'enseignement commercial secondaire. L'Autriche-Hongrie compte 61 Ecoles supérieures de commerce de types divers. La Russie possède 13 établissements officiels et 7 établissements privés d'enseignement commercial. La Suède a des Ecoles commerciales à Gothembourg et Stockholm; la Norvège à Christiania, Bergen et Bodö. L'Espagne dispose de 8 Ecoles supérieures. L'Italie, la Belgique, la Hollande, la Suisse ont des établissements analogues, ayant fait leurs preuves. Le Japon a ouvert des écoles de ce genre à Osaka et Tokio.

Dans toute l'Europe, fonctionnent, à côté des écoles supérieures de commerce, des écoles techniques de différents types. Et, de plus en plus, l'enseignement ordinaire, en France surtout, tend

[1] Continuellement alimentés par la Science, mère de toute application et source de tout progrès. Dans les sociétés qui négligeraient de faire large place à la recherche et à l'enseignement scientifiques, l'Ecole technique deviendrait bientôt stérile, et l'esprit public lui-même s'éteindrait.
(NOTE DE LA DIRECTION.)

à prendre le caractère économique, soit dans les écoles secondaires, soit dans les Universités.

Il est, en effet, strictement nécessaire, de nos jours, que l'apprenti négociant soit un homme instruit. S'il a moins de chances que jadis d'arriver, par ses seules forces, à la fortune, il trouvera toujours sa place dans les sociétés puissantes appelées à substituer leur action à celle des individualités. Et il sera un rouage utile des énormes entreprises qui se livreront bientôt à l'exploitation raisonnée du monde. La machine n'a pas fait disparaître l'ouvrier : elle l'a rendu plus nécessaire encore. La constitution de grandes Sociétés industrielles et commerciales n'aura pas davantage pour effet de raréfier les hommes d'affaires : ils seront, au contraire, appelés, plus nombreux, à fournir les cadres de ces vastes entreprises. Et la fortune sourira tout aussi volontiers aux plus instruits, aux plus actifs, aux plus entreprenants.

Marcel Bichon,
Sous-Directeur de l'École Supérieure de Commerce de Montpellier.

LES TRAVAUX DE W. BRAUNE ET O. FISCHER SUR LA MÉCANIQUE ANIMALE[1]

Les travaux entrepris par W. Braune et O. Fischer, et continués par Fischer seul depuis la mort de Braune, constituent une des contributions les plus importantes qui aient jamais été apportées à l'étude de la mécanique du corps humain. Les auteurs ont entrepris cette étude par la voie expérimentale et par la voie théorique. Ils ont imaginé dans ce but des procédés d'investigation des plus précis, et une connaissance approfondie des méthodes de calcul leur a permis d'aborder avec succès plusieurs problèmes fondamentaux, par l'application des principes de la Mécanique rationnelle.

Ils ont ainsi montré quelles étaient les erreurs de leurs devanciers dans l'appréciation de l'action des muscles et du jeu des articulations, et ont donné un nombre considérable de résultats numériques en tables et en graphiques.

Leur bibliographie est loin d'être complète; les auteurs n'ont pas cherché à atteindre ce résultat; ils ont, avec raison, préféré, à une énumération abondante de titres, quelques citations étendues

[1] Ces travaux ont été publiés dans les « Mémoires de la Section mathématique-physique de la Société royale des Sciences de Saxe » (*Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsichen Gesellschaft der Wissenschaften*), B. G. Teubner, éditeur, à Leipzig.

En voici la liste :

1. W. Braune et O. Fischer : Die bei der Untersuchung von Gelenkbewegungen anzuwendende Methode, erläutert am Gelenkmechanismus des Vorderarmes beim Menschen. Mit 4 Tafeln. 1885. Bd XIII (2 Marks).
2. W. Braune et O. Fischer : Untersuchungen über die Gelenke des menschlichen Armes. 1er Th. : Das Ellenbogengelenk, von O. Fischer; 2 Th. : Das Handgelenk, von W. Braune und O. Fischer. Mit 12 Holzschn. und 15 Taf. 1887. Bd XV (5 Marks).
3. W. Braune et O. Fischer : Das Gesetz der Bewegungen in den Gelenken an der Basis der mittleren Finger und im Handgelenk des Menschen. Mit 2 Holzschn. 1887. Bd XIV (1 Mark).
4. W. Braune et O. Fischer : Ueber den Antheil, den die einzelnen Gelenke des Schultergürtels an der Beweglichkeit des menschlichen Humerus haben. Mit 3 Taf. 1888, Bd XIV (1 Mk 60).
5. W. Braune et O. Fischer : Die Rotationsmomente der Beugemuskeln am Ellenbogengelenk des Menschen. Mit 5 Taf. und 6 Holzschn. 1889. Bd XV (3 Marks).
6. W. Braune et O. Fischer : Ueber den Schwerpunkt des menschlichen Körpers mit Rücksicht auf die Ausrüstung des deutschen Infanteristen. Mit. 17 Taf. und 18 Fig. 1889. Bd XV (8 Marks).
7. W. Braune et O. Fischer : Die Bewegung des Kniegelenks nach einer neuen Methode am lebenden Menschen gemessen. Mit 19 Taf. und 6 Fig. 1891. Bd. XVII (5 Marks).
8. W. Braune et O. Fischer : Bestimmung der Trägheitsmomente des menschlichen Körpers und seiner Glieder. Mit. 5 Taf. und 7 Fig. 1892. Bd XVIII (4 Marks).
9. O. Fischer : Die Arbeit der Muskeln und die lebendige Kraft des menschlichen Körpers. Mit 2 Taf. und 11 Fig. 1893. Bd XX (4 Marks).
10. W. Braune et O. Fischer : Der Gang des Menschen I Theil. : Versuche am unbelasteten Menschen. Mit 14 Taf. und 26 Fig. 1895. Bd XXI (12 Marks).
11. O. Fischer : Beiträge zu einer Muskeldynamik. 1 Abhand. : Ueber die Wirkungsweise eingelenkigen Muskeln. Mit 8 Taf. und 13 Fig. 1895. Bd XXII (9 Marks).
12. O. Fischer : Beiträge zur Muskelstatik. Erste Abhand. Ueber das Gleichgewicht zwischen Schwere und Muskeln am zweigliedrigen System. Mit 7 Taf. und 21 Fig. 1896. Bd XXIII (6 Marks).
13. O. Fischer : Beiträge zu einer Muskeldynamik. Zweite Abhand. : Ueber die Wirkung der Schwere und beliebiger Muskeln auf das zweigliedrige System. Mit 4 Taf. und 12 Fig. 1897. Bd XXIII (6 Marks).
14. O. Fischer : Der Gang des Menschen. II Theil : Die Bewegung des Gesammtschwerpunktes und die äusseren Kräfte. Mit 12 Taf. und 5 Fig. 1899. Bd XXV (8 Marks).
15. O. Fischer : Der Gang des Menschen. III Theil : Betrachtungen über die weiteren Ziele der Untersuchung und Ueberblick über die Bewegungen der unteren Extremitäten. Mit 7 Taf. und 3 Fig. 1900. Bd XXVI (6 Marks).
16. O. Fischer : Der Gang des Menschen. IV Theil : Ueber die Bewegung des Fusses und die auf denselben einwirkenden Kräfte. Mit 3 Taf. und 11 Fig. 1901. Bd XXVI (5 Mk 50).
17. O. Fischer : Das statische und kinetische Maas für die Wirkung eines Muskels, erlaütert an ein und zweigelenkigen Muskeln des Oberschenkels. Mit 12 Taf. 1902. Bd XXVII (7 Mk 50).

prises dans les travaux les plus importants, ce qui leur a permis de donner une idée précise des diverses opinions émises sur chaque question.

L'ensemble des Mémoires parus jusqu'ici constitue non seulement, par les méthodes expérimentales et théoriques qui y sont employées, l'indication de la marche à suivre dans ce genre de recherches, mais aussi, par les tableaux et le nombre extraordinaire de résultats numériques qui y sont contenus, une base fondamentale pour tous les travaux ultérieurs sur cette question.

En classant méthodiquement les dix-sept gros Mémoires que nous possédons actuellement, nous pouvons les rapporter logiquement aux points suivants :

Recherches sur le centre de gravité et le moment d'inertie du corps de l'homme et de ses diverses parties prises isolément;

Recherches sur les mouvements des articulations;

Action des muscles dans la contraction statique;

Action des muscles dans la contraction dynamique;

Etude sur la marche de l'homme.

Les publications ne se suivent pas chronologiquement dans cet ordre; mais, en les classant comme je viens de le faire, elles constituent un véritable traité des mouvements de l'homme, dans l'ordre qui me paraîtrait logique pour un pareil ouvrage. W. Braune et O. Fischer nous en fournissent tous les matériaux; il n'y aurait plus à faire qu'un travail de compilation.

Je vais maintenant exposer les résultats de l'œuvre de ces deux physiologistes.

I

Pour rechercher le centre de gravité des diverses parties du corps, les auteurs congèlent un cadavre entier, puis en coupent à la scie les divers segments et en déterminent le centre de gravité d'après les méthodes employées en Mécanique; c'est-à-dire qu'ils suspendent les pièces soumises à l'expérience sur un axe d'acier, dans trois positions différentes, et déterminent l'intersection des trois plans de suspension.

Un procédé analogue a été employé pour la détermination des moments d'inertie.

Pour ces recherches, et pour toutes celles qui suivent, d'ailleurs, les auteurs ont toujours fait usage de cadavres en bon état, provenant de suicides ou autres morts violentes. Ils nous donnent à la fin des deux Mémoires se rapportant à ces deux points tous les documents numériques pouvant être nécessaires dans une étude sur la mécanique du corps humain.

Parmi les résultats intéressants concernant la situation du centre de gravité, ils ont montré comment ce centre de gravité se déplace au repos chez le soldat lorsqu'il se charge de son armement dans les différentes positions où il est appelé à en faire usage; il peut y avoir là matière à des applications très importantes.

Pour l'étude du jeu des articulations, les auteurs opèrent sur le cadavre et sur le vivant. Suivant les circonstances, l'une ou l'autre de ces méthodes prend l'avantage. Si, par exemple, on veut étudier les mouvements de l'articulation du coude ou de l'épaule, il est indispensable de pouvoir placer des repères fixes sur les os; or cela est impossible sur le vivant. Voici alors le procédé employé :

Trois tiges en bois léger sont enfoncées dans l'os mobile; si l'on connaît la position dans l'espace de l'extrémité de ces tiges, la position de l'os est, par cela même, déterminée. Pour relever ces points, on place l'os à étudier au-dessus d'une plaque de verre horizontale, bien dressée. Sur cette plaque on tend un papier quadrillé, sur lequel on projette au fil à plomb les points à relever. Leur hauteur au-dessus du plan est prise avec une règle graduée, et l'on a ainsi tous les éléments nécessaires à la détermination du corps dans l'espace. Cette méthode a été appliquée à l'étude des mouvements de l'articulation du coude. On a trouvé que le déplacement du cubitus consistait en une rotation autour d'un axe, lui-même mobile dans l'espace, mais passant par un point fixe.

Les mouvements de la main ont été l'objet d'une étude très approfondie. Pour cela, on fixait une tige de bois dans l'axe du troisième métacarpien, et l'on relevait les mouvements de l'extrémité de cette tige dans trois conditions différentes : en premier lieu, en fixant uniquement le radius; en second lieu, en fixant en plus le semi-lunaire au moyen d'un clou qui le traversait, et enfin, en troisième lieu, en fixant toute la première rangée du carpe. Des courbes relevées on peut déduire ce qui revient à chaque articulation, dans les mouvements de flexion palmaire, dorsale, radiale ou cubitale.

Puis les auteurs se proposèrent de rechercher si, dans la flexion des doigts, il se produit des mouvements de rotation autour de l'axe des doigts. Ici, il est nécessaire d'opérer sur le vivant; car, sur le cadavre, on peut produire dans les articulations métacarpo-phalangiennes des rotations des doigts sur eux-mêmes et leur faire exécuter des mouvements qui n'existent certainement pas dans la nature. Les expériences n'ont porté que sur les deuxième, troisième et quatrième doigts. Le doigt était introduit dans un manchon métallique, de façon à empêcher la flexion des articulations; dans l'axe du manchon, ou parallèlement à cet axe, était fixée une légère tige de bois, terminée par une aiguille placée perpen-

diculairement à la tige de bois. On se plaçait vis à vis d'un écran blanc, le doigt étant fléchi à 45° environ et dirigé perpendiculairement à l'écran. La lumière solaire était aussi envoyée perpendiculairement à cet écran, ce que l'on vérifiait en constatant qu'une aiguille piquée normalement dans l'écran ne portait pas d'ombre.

Celà étant, on observait l'ombre de l'aiguille mobile dans les divers mouvements des doigts, et on en déduisait les rotations des doigts autour de l'axe. Pour la flexion dans le plan perpendiculaire à la paume, il n'y a pas de rotation ; pour les flexions latérales, la rotation peut atteindre 11°. Pour les flexions vers la droite, la rotation a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre, en regardant le doigt de la racine vers l'extrémité. Pour les flexions à gauche, la rotation est de sens inverse. Ces mouvements sont absolument déterminés pour chaque flexion, et l'on ne peut les modifier à volonté par l'action des muscles. Il y a une position de chaque doigt à partir de laquelle on peut l'amener sans rotation dans une autre position quelconque: c'est quand ce doigt se trouve précisément dans le prolongement du métacarpien correspondant. Il se produit là le même phénomène que celui qui a été signalé par Listing pour l'œil. La même chose se retrouve aussi pour l'articulation radio-carpienne.

Pour les mouvements de l'épaule, Braune et Fischer ont de nouveau dû recourir à l'expérimentation sur le cadavre; car il s'agissait de pouvoir, à un moment donné, immobiliser la clavicule et l'omoplate, ce qui est impossible sur le vivant. La première question était de fixer solidement le tronc. Pour cela, après avoir coupé un cadavre en deux transversalement, le thorax fut vidé et rempli de plâtre. On put, lorsque le plâtre fut pris, dresser le tronc; la colonne vertébrale fut solidement reliée à une pièce de chêne à l'aide de vis traversant les vertèbres. Le tout était placé au-dessus de la glace de verre. Puis l'humérus fut coupé transversalement vers le milieu et reçut dans son axe une tige de bois terminée par une pointe. Cette pointe était à 200 millimètres du centre de rotation de la tête humérale.

Entre ces deux points, au milieu, c'est-à-dire à 100 millimètres du centre de la tête humérale, se trouvait un index. On imprimait alors divers mouvements à l'humérus et on relevait au fil à plomb les coordonnées des deux repères.

Les auteurs étudièrent ainsi les mouvements de l'humérus dans trois conditions :

1° La clavicule et l'omoplate étant mobiles;

2° La clavicule étant fixée;

3° L'omoplate étant fixé.

On put ainsi faire la part qui revenait à la mobilité de chacune de ces parties.

Pour l'articulation du genou, après quelques essais infructueux, Braune et Fischer constatèrent qu'en opérant sur le cadavre, ils produisaient des mouvements latéraux qui n'existent pas dans la réalité. Pour éliminer cette cause d'erreur, il ne fut pas suffisant d'exercer une compression qui serrait l'articulation du fémur et du tibia. Ils eurent alors recours à l'expérimentation sur le vivant. Le sujet était couché sur le ventre, la cuisse fixée. Le pied avec l'articulation tibio-tarsienne était pris dans un appareil plâtré évitant tout mouvement de cette articulation. Ce bloc de plâtre portait trois tiges en bois, dont les extrémités servaient de repère et qui étaient chronophotographiées pendant le mouvement dans deux directions perpendiculaires entre elles. Après l'épreuve, on photographiait sur la même plaque un quadrillage qui permettait de faire les mesures.

De cette étude, il résulta que, pendant la flexion de la jambe, il y a d'abord une rotation vers l'extérieur, dextrogyre, quand on regarde le tibia du haut en bas. Cette rotation est d'environ trente minutes par degré; elle cesse vers une flexion de 20° pour faire place à une rotation en sens inverse, d'environ sept minutes par degré, qui, après 55°, tombe à quatre minutes par degré. Vers l'angle droit, les deux rotations se sont compensées.

Dans un autre ordre d'idées, Braune et Fischer ont entrepris une étude très importante de l'action des muscles sur les articulations. Leur premier travail sur ce point se rapporte à l'action des fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras. Ils ont, pour commencer, choisi cette articulation à cause de la possibilité de déterminer les conditions mécaniques dans lesquelles elle fonctionne; elle peut, au point de vue de l'action des muscles, se réduire à une simple flexion. De plus, il est possible de bien étudier l'effet des muscles, qui sont à fibres parallèles se terminant par un tendon localisé, et leur variation de longueur pendant la flexion. Il s'agit de déterminer quel est, à chaque instant, le moment de la force développée par chaque muscle. En supposant la force de traction d'un muscle égale à l'unité, il suffit, pour en déterminer le moment, de connaître à chaque instant la position du muscle et celle de l'axe de rotation. L'application de ce procédé est très pénible dans la pratique; les auteurs en ont employé un autre. Ils font remarquer qu'en appelant dl la variation de longueur du muscle pour une variation angulaire des leviers osseux égale à $d\theta$, le moment cherché est égal à $\frac{dl}{d\theta}$.

Il suffit donc de chercher pour chaque muscle la relation $l = f(\theta)$ et d'en déduire $\frac{dl}{d\theta}$. Pour cela, un fil inextensible était attaché au tendon inférieur du

muscle sectionné; de là, le fil se dirigeait vers la partie supérieure et passait à travers un œillet percé dans l'os à l'insertion supérieure. Il était, dès lors, facile de mesurer la longueur de fil comprise entre les insertions pour chaque degré de flexion.

Dans ces conditions, on constate que tous les fléchisseurs de l'avant-bras ont leur moment maximum au-delà de la flexion de 90°; l'ensemble se groupe vers 100°. Si tous les muscles avaient la même section, leurs effets se rangeraient dans l'ordre suivant :

Long supinateur, Biceps, Brachial antérieur, Radial, Rond pronateur.

Mais, en tenant compte de la section, cet ordre change et il faut les classer comme suit :

Brachial antérieur, Long supinateur, Long chef du biceps, Radial, Court chef du biceps, Rond pronateur.

Des tableaux donnent l'action de tous ces muscles avec les détails désirables.

II

Un problème extrêmement important, abordé maintenant, est celui de l'équilibre des membres sous l'influence de la pesanteur et des forces musculaires. Lorsqu'on a un seul levier articulé en un point, le problème d'équilibre est très simple; ce levier peut être maintenu dans une position quelconque par un muscle agissant en sens inverse de la pesanteur. Il n'en est plus de même lorsqu'on a deux leviers articulés l'un au bout de l'autre, comme le bras et l'avant-bras.

Nous avons trois espèces de muscles à considérer :

Ceux qui vont d'un levier à l'autre, par exemple de l'avant-bras au bras;

Ceux qui vont de la partie fixe au premier levier, c'est-à-dire, par exemple, du tronc à l'humérus;

Enfin, ceux qui franchissent deux articulations, allant, par exemple, du tronc à l'avant-bras.

Pour les deux premières classes, les positions d'équilibre sont toujours les mêmes dans chaque classe, quel que soit le muscle. Ainsi, prenons la première classe : une position d'équilibre étant donnée, elle ne dépend que de l'angle des deux leviers entre eux; or, cet angle peut être obtenu par un fléchisseur quelconque allant d'un levier à l'autre.

Au contraire, une position d'équilibre ayant été trouvée pour un muscle de la troisième classe, si l'on modifie les insertions de ce muscle, sans, bien entendu, le changer de classe, la position d'équilibre sera forcément modifiée.

Fischer a appliqué ces notions générales au cas particulier du bras.

Pour les muscles allant du bras à l'avant-bras, le système est en équilibre sous l'influence de la pesanteur quand un certain point, nommé point de direction, se trouve sur la verticale passant par le centre de la tête humérale. Ce point de direction est, dans l'avant-bras, à 13 centimètres environ de l'axe du coude.

Pour les muscles allant du tronc au bras, l'équilibre a lieu quand l'avant-bras est vertical. Le point de direction est à l'infini.

Pour le long chef du biceps, qui passe par-dessus deux articulations, l'équilibre a lieu quand un certain point, que nous appellerons G, est sur la verticale du centre de la tête humérale. Voici comment se détermine ce point G.

Soit R le point de direction, E l'axe du coude.

Soit Me le moment du biceps, l'épaule seule étant mobile et le coude rigide; Mc le moment du biceps, le coude seul étant mobile et l'épaule rigide. On devra avoir la relation :

$$\frac{GR}{RE} = \frac{Me}{Mc}.$$

Le problème qui vient d'être traité était un problème de Statique; il faut maintenant envisager le problème dynamique : ici, il faut s'attendre aux plus grandes surprises.

L'étude du mouvement des leviers osseux sous l'influence de l'action musculaire a été étudiée par Fischer, au point de vue théorique et au point de vue expérimental. Les expériences ont été faites sur un schéma représentant un bras, et sur le vivant en provoquant la contraction d'un muscle par voie électrique; toutes ces méthodes ont conduit aux mêmes résultats, dont voici un des points les plus remarquables.

Quand un muscle s'étend sur une seule articulation, que, par exemple, il va du bras à l'avant-bras, au moment de sa contraction dynamique, il met en jeu l'articulation voisine. Ainsi, en fléchissant l'avant-bras sur le bras par l'action des muscles allant de l'un à l'autre, l'humérus se porte, par cela même, en arrière. L'effet est d'autant plus marqué que l'avant-bras est plus chargé.

Il dépend du degré de flexion du coude, mais nullement de la façon dont le muscle prend son insertion.

De même, des muscles qui partent du tronc pour aller, par dessus l'articulation de l'épaule, au bras agissent indirectement sur les mouvements du coude lorsqu'ils ont une composante produisant un déplacement de l'humérus suivant un axe parallèle à l'axe de rotation du coude. Là encore, le rapport des rotations ne dépend que du degré de flexion du coude.

Lorsque les muscles s'étendent par dessus deux

articulations, des phénomènes analogues s'observent; mais le rapport des rotations dépend alors de la façon dont se font les insertions musculaires et du parcours des muscles. Ainsi, tandis que le brachial antérieur produit les mêmes effets que le vaste externe et le vaste interne, sauf que les rotations se font en sens inverse, le long chef du biceps et le long chef du triceps produisent, sur les deux segments du bras, des rotations de rapport très différent. Même les deux chefs du biceps n'agissent pas de la même façon. Chaque muscle a sa caractéristique dépendant de ses insertions.

En tenant compte de ces faits, on arrive à des résultats complètement opposés aux idées courantes. Prenons, par exemple, le long chef du biceps : d'après les auteurs classiques, il est toujours rotateur de l'humérus en avant et en dehors; or, une analyse précise montre qu'il ne produit cet effet qu'à partir du moment où le coude est plié au delà de l'angle droit. Auparavant, il produit sur l'humérus un effet précisément inverse. L'action de la pesanteur pendant les mouvements est aussi l'objet d'une étude très complète. Suivant chaque degré de flexion de l'avant-bras sur le bras, il y a un angle déterminé de l'humérus avec la verticale pour lequel, au moment de la contraction musculaire, les mouvements angulaires des deux segments du membre sont les mêmes, et d'autres angles pour lesquels il n'y a de rotation que dans l'épaule ou dans le coude.

A la suite de ces recherches, Fischer fait remarquer que les connaissances acquises jusqu'ici sur l'action des divers muscles, et exposées dans les traités d'Anatomie, sont très incomplètes quand il s'agit de muscles agissant sur une seule articulation et complètement fausses pour les autres. Il faut, pour étudier l'action d'un muscle, non seulement avoir déterminé ses insertions et ses dimensions, mais aussi connaître les masses à mouvoir. Quand on a déterminé les moments d'action des muscles, on n'a que leur caractéristique statique. En tenant compte des masses à mouvoir, Fischer arrive à une caractéristique dynamique des muscles. Il donne, à la fin de son dernier Mémoire au moyen de tableaux numériques et de graphiques, des documents très complets sur les muscles de la cuisse.

III

Je passe maintenant à la troisième partie de l'œuvre de Braune et Fischer, la marche de l'homme. Braune étant mort dès le début de ces recherches, on peut dire qu'elles appartiennent à Fischer seul.

Un premier temps a consisté à amasser des documents expérimentaux, c'est-à-dire à fixer par la chronophotographie sur plaque fixe les déplacements des divers segments du corps humain pendant la marche.

Le mouvement des divers points du corps peut être connu par ses projections sur trois axes de coordonnées. L'axe des x a été choisi dans la direction du mouvement, l'axe des z vertical et l'axe des y perpendiculaire aux deux premiers. Deux appareils photographiques, pour chaque côté du corps, étaient placés, l'un suivant l'axe des y, l'autre à 60° de cette direction, et des clichés obtenus on pouvait par le calcul déduire les valeurs de x, y, z.

Il était indispensable pour cela que les deux appareils fonctionnassent synchroniquement. Un mécanisme étant sujet à erreur ou à dérangement, les auteurs ont préféré avoir recours à l'éclairage périodique des points à relever. Le sujet, revêtu d'un maillot noir suivant la méthode de Marey, portait, le long des divers segments des membres, des tubes de Geissler, soigneusement isolés pour éviter l'électrisation du sujet, et actionnés par une bobine munie d'un interrupteur périodique. Cet interrupteur était un diapason donnant une interruption en 0"0383. Pour repérer d'une façon précise certains points des tubes de Geissler, on les munissait d'un anneau opaque donnant un point noir sur le trait lumineux. L'habillage du sujet était une opération extrêmement délicate : il s'agissait de placer les tubes de façon à ne créer aucune gêne dans la marche, de bien mettre en évidence certains points tels que les centres des articulations, d'avoir un isolement parfait du sujet : tout cela demandait jusqu'à quatre ou cinq heures; car tous les résultats obtenus dans la suite dépendent de la précision avec laquelle cette opération fondamentale a été exécutée. Je me demande s'il n'y aurait pas eu avantage à faire usage de la chronophotographie sur plaque mobile, telle qu'elle a été réglée par M. Marey. Tous les détails de cette opération ont été décrits par lui, entre autres au Congrès de Cambridge. En faisant sur la peau du sujet quelques repères, on eût, je crois, obtenu plus de précision qu'avec l'emploi des tubes de Geissler et moins de causes d'erreur. De plus, je me demande comment se comporteront ces tubes, si l'on veut appliquer la même méthode à l'étude de la course, du saut, etc.

Quoi qu'il en soit, le sujet, étant ainsi muni de onze tubes de Geissler, passait en marchant à l'origine des coordonnées, et l'on prenait les clichés durant trois ou quatre pas aux environs de cette origine. Puis on plaçait au même endroit, perpendiculairement à l'axe optique des appareils photographiques, un cadre divisé en centimètres, de façon à pouvoir faire des mesures sur les épreuves. On s'est aussi servi dans le même but d'un appa-

reil à vis micrométrique avec pointage au microscope.

L'étude complète a été faite pour trois expériences; deux d'entre elles se rapportent au sujet non chargé, et l'autre au sujet portant l'armement de l'infanterie allemande. Le nombre considérable d'opérations à effectuer pour rapporter le mouvement des divers points aux trois axes de coordonnées x, y, z a été exécuté au moyen d'une machine à calculer, ce qui, outre la rapidité des opérations, donne moins de chances d'erreur.

Les résultats sont donnés par des tableaux numériques et par des graphiques très complets. De plus, on a fait exécuter, comme l'avait fait Marey pour le vol des oiseaux, un modèle donnant dans l'espace les positions successives du marcheur. Depuis les courbes décrites par les centres des diverses articulations jusqu'aux mouvements de rotation du tronc et de la tête, rien n'a été omis.

Il est remarquable de constater avec quelle netteté cette méthode fait apparaître une asymétrie dans la marche pour un individu chez lequel elle ne se révèle pas à l'œil. Cette asymétrie s'accuse, bien entendu, lorsque le sujet porte le fusil.

Tous les résultats obtenus dans la suite sont déduits des trois mêmes expériences. Ainsi, dans le deuxième Mémoire se rapportant à la marche de l'homme, elles ont été utilisées pour étudier la courbe gauche décrite par le centre de gravité à chaque instant, ainsi que les forces extérieures qui interviennent dans la marche.

Pour déterminer la courbe décrite par le centre de gravité, il faut, pour chaque image, relever la position des centres de gravité de chaque segment du corps, puis combiner ces centres de gravité entre eux. Cette détermination a été faite pour 31 positions du double pas, les coordonnées ayant été rapportées aux trois axes rectangulaires ox, oy, oz. L'opération peut se faire de trois façons différentes, soit par le calcul, soit par des constructions graphiques, soit à l'aide d'un système mécanique articulé automatique. Enfin, au lieu d'employer les centres de gravité, on peut faire usage d'une autre méthode décrite par Fischer et basée sur l'emploi des points principaux définis par lui, ce qui abrège les opérations. On retrouve ainsi, comme pour le pubis, des oscillations périodiques suivant la verticale, et des oscillations latérales de fréquence moitié moindre. Dans le sens de la marche, il y a une progression continue avec une vitesse variant périodiquement. Si l'on supposait l'individu sans cesse ramené en arrière avec une vitesse constante égale à sa vitesse moyenne, le centre de gravité décrirait une courbe gauche fermée, qu'il suffirait d'étudier pour se rendre compte de tous les éléments de la courbe réellement décrite dans l'espace. Les composantes latérales et verticales du mouvement et de la vitesse ne sont pas altérées par cette opération. La composante de la vitesse suivant la direction du mouvement est modifiée d'une valeur constante. Les composantes de l'accélération restent les mêmes.

L'étude fort aisée de cette courbe fermée est de la plus haute importance au point de vue de la connaissance des forces extérieures agissant pendant la marche. Nous savons, en effet, que, dans le mouvement de tout corps, le centre de gravité se déplace comme si les forces extérieures étaient transportées en grandeur et en direction à ce centre de gravité où toute la masse serait concentrée. Les forces intérieures ne jouent aucun rôle dans ce mouvement.

Or, les forces extérieures sont le poids du corps, la réaction normale du sol, le frottement et la résistance de l'air.

Dans la direction du mouvement, les seules forces agissantes sont la résistance de l'air, variable avec la vitesse de la marche, et que l'on peut négliger au moins comme première approximation, et le frottement. Ce frottement, tant qu'il n'y a pas glissement, est égal à la composante parallèle à la marche de la pression contre le sol. De même, les mouvements latéraux ne dépendront que de la composante de la pression sur le sol perpendiculaire à la direction du mouvement. Les mouvements verticaux ne dépendent que du poids et de la réaction normale du sol.

Nous pouvons à volonté modifier la réaction normale du sol et la composante horizontale du frottement; toutes deux dépendent de la force et de la direction avec laquelle nous pressons contre le sol avec nos muscles, et c'est ainsi que nous modifions la direction et la vitesse de notre marche.

Or, nous pouvons déterminer, au moyen des composantes de l'accélération suivant les trois axes, les forces qui agissent suivant ces trois axes, et, par suite, les composantes du frottement et la réaction normale du sol. Il s'agira ensuite de rechercher comment les divers muscles interviennent dans la production de ces forces.

Cela nécessite, au préalable, une étude approfondie des mouvements du membre inférieur pendant la marche; c'est la tâche que l'auteur a entreprise dans un troisième Mémoire. Il arrive à des conclusions complètement différentes de celles auxquelles s'étaient arrêtés les frères Weber, et qui, du reste, avaient déjà été infirmées par Marey.

Les frères Weber croyaient qu'au moment où le pied quitte le sol pour se porter en avant, la jambe antérieure doit être verticale. Il n'en est rien : la verticale qui passe par le centre de l'articulation coxofémorale du membre antérieur passe, au moment du soulèvement, plus près de la pointe du pied arrière que de celle du pied avant.

Les frères Weber pensaient aussi que la réaction normale du sol est toujours égale au poids du corps; or les variations par excès ou par défaut peuvent atteindre la moitié de ce poids.

Cette même réaction normale ne passe généralement pas par le centre de gravité.

Les principes des frères Weber supposaient un déplacement du centre de gravité en ligne droite avec une vitesse constante, ce qui n'est pas.

Dans le dernier Mémoire, Fischer utilise les résultats acquis pour faire une étude approfondie des mouvements du pied. Il donne d'abord au centre de gravité de ce pied un mouvement inverse de sa translation, ce qui le ramène au repos; il n'y a plus alors qu'à s'occuper des rotations autour de ce centre de gravité, c'est-à-dire à déterminer dans chaque temps de la marche les couples qui provoquent la rotation. De la valeur de ces couples, on peut déduire, au moins d'une façon approximative, l'action des divers muscles.

Comme je l'ai déjà dit, chacun des Mémoires de Fischer est accompagné de tableaux numériques et de graphiques donnant d'une façon très complète tous les résultats obtenus, et nous fournissant tous les documents nécessaires pour des recherches ultérieures.

L'auteur continue, du reste, ses travaux; ceux que nous possédons déjà nous font désirer la suite, car l'ensemble constituera certainement le traité de mécanique du corps humain le plus important que nous possédions.

Dr G. Weiss,
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.

REVUE ANNUELLE DE MÉDECINE

I. — Sécrétine.

Les travaux de Pawlow et de ses élèves, dont il a été rendu compte en son temps dans cette *Revue*, ont donné une orientation nouvelle à l'étude des fonctions digestives. Les recherches qu'ils ont suscitées ont mis au jour un certain nombre de faits bien établis. Enriquez et Hallion ont réuni dans divers Mémoires les résultats acquis et ceux de leurs propres recherches. Nous voudrions ici en montrer l'intérêt.

L'apport essentiel du suc pancréatique au travail de la digestion est de notion classique. Les livres les plus élémentaires apprennent que le suc pancréatique agit sur le chyme au moyen de trois ferments solubles, dont chacun a un rôle spécial. La trypsine agit sur les matières albuminoïdes, l'amylase sur les corps amylacés, la lipase sur les graisses.

Les conditions de sécrétion du suc pancréatique ont été dévoilées par une découverte de Pawlow. Il a montré que l'une des réactions de la muqueuse duodénale vis-à-vis d'un acide est de solliciter aussitôt la sécrétion pancréatique. Quand donc le chyme, acidifié par l'acide chlorhydrique gastrique, parvient au duodénum, le pancréas sécrète son suc. Et, dès qu'une petite quantité de ce suc se mêle au suc propre du duodénum, l'action de la trypsine est mise en jeu : la digestion des albuminoïdes commence et s'accélère. On a donné le nom d'*entérokinase* à la diastase qui se produit lors du mélange des sucs pancréatique et duodénal.

La production de ces ferments, de ces *kinases*, n'est pas spéciale à l'organisme animal. Delezenne et Mouton ont pu en retirer de certains Champignons Basidiomycètes et d'Agaricinées, telles que l'*Amanita muscaria* (Fausse oronge) et l'*Amanita citrina*. Ces liquides, qui, spontanément, ne peuvent altérer les coagulats, ni de fibrine, ni d'albumine, dès qu'ils sont mêlés à des sucs pancréatiques, les rendent aptes à digérer ces coagulats.

Cela étant, deux auteurs anglais, Bayliss et Starling, eurent l'idée d'injecter dans le sang un extrait de la macération de la muqueuse duodénale dans de l'eau acidulée (avec l'acide chlorhydrique de préférence). Ils obtinrent de cette façon une sécrétion très abondante de suc pancréatique, qu'on rend évidente en pratiquant sur l'animal une fistule pancréatique.

Sous l'influence d'un acide, la muqueuse duodénale produit donc un corps, qui, soit dans l'intestin même, soit dans le sang, provoque la sécrétion pancréatique. C'est ce corps, dont la nature est encore inconnue, qu'on appelle la *sécrétine*. Pour Camus, c'est un produit d'origine purement intestinale. Sa production est une des manifestations biologiques normales. Cette substance est indépendante des aliments, puisque l'intestin du fœtus en contient. Elle est étrangère à l'estomac, car les ferments peptiques l'altèrent. La bile n'a pas d'influence sur sa production, car la muqueuse intestinale, après l'établissement d'une fistule biliaire, donne autant de sécrétine que normalement.

Enriquez et Hallion ont vu que la sécrétine agissait indifféremment suivant le lieu où l'on fait l'injection. Si celle-ci est faite dans une veinule porte,

c'est-à-dire dans le territoire d'absorption régulière de la sécrétine, la sécrétion pancréatique se produit, mais faiblement. Si, au contraire, elle est injectée dans la saphène, c'est-à-dire dans la masse du sang circulant, on détermine une sécrétion pancréatique abondante; et celle-ci est encore augmentée si l'injection a lieu dans une artère à distribution pancréatique. Selon Baylisss et Starling, l'injection intra-pleurale donnerait seulement une faible sécrétion et l'injection hypodermique serait insuffisante à la produire.

En outre, Enriquez et Hallion ont confirmé l'action accélérative qu'Henri et Portier avaient déjà attribuée à la sécrétine sur la sécrétion biliaire. Il s'ensuit que les deux sécrétions biliaire et pancréatique sont simultanément activées par la sécrétine. L'arrivée de la bile dans le duodénum ne paraît pas avoir d'action nette sur la fonction pancréatique; et même, contrairement à l'opinion de Rachford, elle n'a pas d'influence favorable sur la digestion tryptique. Non seulement, en effet, elle semble indifférente; mais, au-dessus de 3 °/₀, elle a une action nettement retardante (Vernon).

Lorsque Pawlow vit la sécrétion pancréatique influencée par l'arrivée d'un liquide acide au contact de la muqueuse duodénale, il en conclut à une action réflexe pure. L'expérience de Bayliss et Starling vint mettre en doute le mécanisme réflexe de cette action. On l'attribua à la présence même dans le sang de l'agent excito-sécrétoire. La sécrétine agissait donc, non par action réflexe directe, mais par son addition à la masse humorale. Enriquez et Hallion, par une ingénieuse expérience, semblent avoir démontré la réalité du mécanisme humoral. Une fistule pancréatique étant pratiquée à deux chiens, on injecte chez le premier une solution chlorhydrique dans le duodénum et l'on obtient comme d'habitude une sécrétion pancréatique. Pendant le temps où ce chien manifeste cette réaction, on transfuse immédiatement une certaine quantité de son sang au second chien. Cette transfusion est bientôt suivie chez lui d'une forte sécrétion pancréatique. La sécrétine produite par l'injection acide chez l'un a été communiquée à l'autre par l'intermédiaire du sang. Cette jolie expérience aura peut-être une portée physiologique plus générale que le cas qu'elle visait directement.

II. — Albuminurie.

Pendant longtemps, le régime lacté plus ou moins strict a été préconisé dans la cure des albuminuriques. Ce traitement est devenu banal. Comme il arrive souvent aux traitements classiques, qui donnent au médecin l'idée de traiter plutôt la la maladie qu'ils diagnostiquent que le malade qu'ils observent, il a été employé maintes fois hors de propos et il est devenu l'objet d'une réaction qui, poussée à l'extrême, peut également être dangereuse.

Pourquoi le régime lacté est-il si souvent approprié à la nutrition des albuminuriques? Parce que, sous son influence, l'organisme fabrique et retient un minimum de toxines. Telle était la manière simple de répondre à cette question. Des travaux récents ont donné une explication plus positive de l'excellence du lait. L'avantage de cet aliment lui viendrait de sa pauvreté en chlorure de sodium.

Les recherches de MM. Widal, Lemierre et Javal aboutissent à cette conclusion. Ces auteurs ont pu, en effet, faire varier à leur gré les œdèmes et le taux de l'albumine chez certains albuminuriques en modifiant la richesse de leur alimentation en chlorures. Ce phénomène ne se produit pas indifféremment chez tous les néphrétiques. La néphrite scléreuse ne se prête pas à l'expérience. La néphrite épithéliale, au contraire, donne lieu aux variations les plus évidentes.

Chez un albuminurique, au régime commun, présentant de l'œdème et 10 à 15 grammes d'albumine dans les urines des 24 heures, MM. Widal et Javal instituèrent le régime lacté absolu. Le lait quotidiennement ingéré (3 litres 1/2) contenait environ 5 gr. 50 de chlorure de sodium. On vit l'œdème disparaître et le poids du malade diminuer de 5 kil. 960 : en même temps, l'élimination de chlorure de sodium était de 8 gr. 80 par jour et l'albumine descendait à 3 gr. 38. C'est là le bienfait habituel du régime lacté dans les périodes critiques des néphrites.

Il suffit au malade de prendre 10 grammes de chlorure par jour, tout en restant au régime lacté, pour que le poids augmentât de 2 kil. 100. L'élimination chlorurée ne fut que de 10 gr. 93, alors que l'ingestion des chlorures était de 15 gr. 50; et l'albumine s'éleva à 12 gr. 12. La simple adjonction du chlorure de sodium à l'alimentation avait déterminé cette aggravation.

Le malade étant dans cette situation, au lieu de ramener une amélioration par la simple suppression du sel, MM. Widal et Javal eurent l'idée de donner un autre régime que celui du lait, mais d'où le sel serait autant que possible exclu. Le régime de viande, pommes de terre, sucre, beurre, qu'ils choisirent ne contenait que 1 gr. 50 de chlorure. Ce régime hypochloruré fit baisser le poids de 3 kil. 700, réduisit l'élimination des chlorures à 4 gr. 73 et fit tomber l'albumine de 12 grammes à 0 gr. 72.

La simple addition à ce dernier régime de 10 à 15 grammes de sel fit remonter le poids de 2 kil. 900 et l'albumine à 2 gr. 04.

Quel que fût le régime employé, lait absolu ou viandes et légumes, on voit donc que l'amélioration a été la même pourvu que le régime ne comportât pas de chlorure de sodium.

Le malade, se trouvant mieux, fut mis quelque temps après au régime ordinaire de l'hôpital, riche en sel. Six jours après, le poids était augmenté de 8 kilogs, l'œdème réapparaissait et l'albumine s'élevait à 11 gr. 50.

MM. Widal et Javal ont fait ainsi neuf expériences successives qui donnèrent chaque fois le résultat attendu. Le régime chloruré aggrava constamment l'état du malade, et la déchloruration fut périodiquement suivie d'une amélioration.

L'augmentation du poids sous l'influence du régime salé tient à la fixation de l'eau dans les tissus où le sel est retenu. Quand la surcharge saline est exagérée, l'œdème apparaît. Il y a, selon l'expression de MM. Widal et Javal, une période d'augmentation de poids prodromique de l'œdème, une période de « *préœdème* ». L'albuminurie va de pair avec l'hydratation et la chloruration.

Il n'est pas à présumer que le chlorure de sodium soit nocif en lui-même. C'est sa rétention et la fixation consécutive dans les tissus d'une eau qui devrait en sortir et entraîner les substances nuisibles qui fait le danger du sel. C'est, d'ailleurs, là le sens général que donne M. Achard dans sa théorie pathogénique de l'œdème brightique, consécutif à la rétention des chlorures. Il pense que les substances non éliminées, accumulées dans les tissus, y attirent et y fixent l'eau nécessaire à leur dilution. Ces substances, dont le chlorure de sodium est présentement la mieux étudiée, ne peuvent permettre les actes biologiques intra-cellulaires qu'autant qu'elles ont subi un certain degré de dilution.

Outre ces considérations, et le rôle de l'*osmonocivité* que nous verrons plus loin établi par MM. Castaigne et Rathery, on peut se demander si la présence du chlorure de sodium en excès — et la limite de cet excès est très variable suivant les individus — ne provoquerait pas la fixation, le maintien dans l'organisme de principes toxiques, qui s'élimineraient s'ils n'étaient pas retenus par le sel même ou à cause de la présence du chlorure. Les faits de cette nature sont fréquents. On sait, par exemple, que la cellule hépatique chargée de glycogène peut retenir diverses substances, toxiques ou nutritives, alors qu'elle ne peut plus remplir ce rôle si le glycogène fait défaut.

Les faits ainsi constatés ne sont probablement pas particuliers au sel : d'autres substances peuvent déterminer des phénomènes analogues ou d'un autre ordre et jouer un rôle dans la pathogénie complexe des accidents chez les albuminuriques. En outre, on comprend pourquoi d'autres régimes alimentaires que le lait ont pu être favorables dans la cure de l'albuminurie, s'ils tirent de leur pauvreté en chlorure de sodium des avantages jusqu'ici inexpliqués.

M. P. Merklen a appliqué la rétention chlorurée à la pathogénie de l'œdème cardiaque. Chez les cardiaques, en effet, le lait agit comme diurétique et aliment hypochloruré. La sérosité de l'œdème est plus riche en chlorures que le sérum ; et lorsque l'hydropisie cède à une crise polyurique, il y a en même temps une décharge chlorurée. M. Achard a observé avec le sulfate de soude les mêmes faits qu'avec le chlorure de sodium. Cependant, chez les cardiaques, le phénomène n'est pas simple, car, outre l'imprégnation chlorurée des tissus, il faut donner une part importante à l'action du cœur et des vaisseaux.

Dans certains œdèmes locaux, dus à une altération vasculaire évidente, tels que celui de la *phlegmatia alba dolens*, on peut réduire l'infiltration des tissus par un régime hypochlorurique. C'est ce que vit M. Chantemesse dans six cas de phlegmatia chez des typhiques. La suppression du sel amenait une diminution de l'œdème, qui reprenait dès le retour à l'alimentation salée.

De l'ensemble de ces faits découlent des considérations thérapeutiques pratiques. On pourra varier la diététique des néphrites chroniques, rompre la monotonie du régime lacté par une alimentation dont on réduira facilement la charge saline[1]. M. Mauté s'est appuyé sur l'épreuve de la chlorurie alimentaire expérimentale pour composer le régime alimentaire de l'albuminurie. Il n'y a pas lieu d'en exclure rigoureusement les substances albuminoïdes, comme on le pensait autrefois. M. Mauté a bien exposé les inconvénients du régime lacté absolu. On doit, certes, en user et à propos, mais non en faire un abus continuel. Absorbé en trop grande quantité, le lait provoque des troubles gastro-intestinaux ; il augmente la tension artérielle chez des sujets dont le système vasculaire est très souvent altéré. Si l'on en restreint la quantité, l'alimentation risque de devenir insuffisante, comme Lecorché et Talamon l'ont depuis longtemps indiqué. Enfin, certains albuminuriques voient par son emploi le taux de l'albumine augmenter. Le régime lacté a donc des indications qu'il faut s'efforcer de préciser. Tout le monde le considère indispensable pendant la période des poussées aiguës.

[1] Dans un écho historique, la *Chronique medicale* cite une note du Dr Legrain (de Bougie) indiquant que la diète de sel est une des pratiques empiriques, d'usage immémorial, employées par les Kabyles et les Israëlites du nord de l'Afrique contre certaines maladies chroniques et en particulier contre les « enflures ».

En dehors de ces états, et suivant les indications de la chlorurie expérimentale, le régime de la viande fraîche, du poisson frais, des légumes variés deviendra d'autant plus large que l'épreuve chlorurique alimentaire donnera des résultats satisfaisants. Aussi M. Mauté a-t-il pu, en classant les cas sous quatre variétés, donner une sorte de gamme alimentaire allant du régime presque ordinaire au régime lacté absolu. Dans ces questions de diététique, une part considérable devrait être faite au régime lacté intermittent, qui donne de si bons résultats et dont les malades s'accommodent très facilement.

Les résultats obtenus par le régime lacté peuvent être accrus par l'emploi concomitant de certains médicaments, soit cardiaques, soit diurétiques. L'action de ces médicaments détermine une polyurie et consécutivement une polychlorurie. MM. Widal et Javal ont comparé à ce double point de vue diverses substances parmi les plus usitées. Pour ces expériences, il faut choisir le moment propice : dans les périodes de compensation des néphrites épithéliales, la perméabilité du rein aux chlorures est suffisante ; ce n'est donc pas le cas d'expérimenter. Au moment des poussées aiguës, l'essai est démonstratif, car l'imperméabilité rénale se produit et la rétention chlorurée s'ensuit. MM. Widal et Javal, après s'être assurés que le malade était en état d'imperméabilité chlorurée, ont commencé l'administration des médicaments suivants : scille, théobromine, théocine[1], diurétine, azotate de potasse, digitaline. Ni la scille, ni l'azotate de potasse ne donnèrent de résultats satisfaisants. La théobromine s'est montrée très active. A la dose quotidienne de 2 grammes, elle augmente la diurèse, fait disparaître les œdèmes et amène une polychlorurie très considérable. De 3 gr. 85, les chlorures montèrent à 18 gr. 68. La théocine a une action semblable. La diurétine, sans avoir la même intensité d'action que la théobromine, s'est montrée très efficace. La digitaline n'a eu qu'une action lente et modérée. Tous ces médicaments produisent, en somme, une déchloruration manifeste.

MM. Castaigne et Rathery ont cherché à préciser le rôle que le chlorure de sodium paraît avoir sur l'épithélium rénal. Cette action a été jusqu'ici diversement interprétée. M. Widal et M. Dufour admettent une action toxique des solutions chlorurées sur les épithéliums rénaux. M. Claude croit à une incapacité fonctionnelle, due au surmenage imposé par une élimination trop considérable de chlorures. Pour M. Achard, le chlorure de sodium agirait en quelque sorte mécaniquement, en tant que molécules encombrantes ; mais son hypothèse est réservée.

Les expériences de MM. Castaigne et Rathery ont d'abord consisté à exposer des fragments de rein au contact de solutions salines titrées, puis à les fixer et à y chercher histologiquement les altérations que les cellules épithéliales pouvaient avoir subies. Les résultats ont varié suivant la concentration des solutions employées. Les unes conservent bien l'épithélium rénal : elles sont réno-conservatrices ; les autres l'altèrent, elles sont néphrolytiques. La solution conservatrice optimum est celle qui se congèle à — 0°78. Toutes les autres solutions salines sont plus ou moins néphrolytiques, mais leurs effets sont différents. Celles dont le point de congélation s'approche de — 1° rétractent, ratatinent le protoplasma cellulaire ; celles dont le point cryoscopique est faible, vers — 0°20 ou 0°30, font gonfler et éclater les cellules. Ces altérations portent surtout sur les cellules nobles du rein ; celles des tubes droits restent à peu près normales.

MM. Castaigne et Rathery indiquent bien qu'il ne s'agit pas là d'une action toxique vraie, mais d'un phénomène mécanique dû à la différence d'isotonie existant, en plus ou en moins, entre les liquides intracellulaires et les solutions essayées. C'est, en somme, l'hypotonie ou l'hypertonie de la solution qui produit la lésion. Des expériences diverses sur l'animal vivant ont conduit ces auteurs à des constatations de même ordre. Un lapin nourri avec du pain sans sel et de l'eau devient rapidement albuminurique et présente des lésions protoplasmiques (non nucléaires) de l'épithélium des tubes contournés. Le même fait se produit sur l'homme. Un régime achloruré détermine l'albuminurie. Inversement, l'hyperchloruration excessive, par injections sous-cutanées de trop grandes quantités d'eau salée, détermine chez l'homme l'albuminurie, et chez l'animal des lésions des tubes contournés. Chez les animaux rendus expérimentalement albuminuriques, la quantité d'albumine est augmentée par les injections ; et des injections d'un titre salin insuffisant pour causer l'albuminurie chez l'animal sain provoquent, chez les néphrétiques expérimentaux, une recrudescence de l'albumine.

MM. Castaigne et Rathery ont tiré de ces faits une conclusion pratique intéressante. Par une injection d'eau salée, on peut se rendre compte, en dehors de tout signe appréciable, de la fragilité, de l'état d'infériorité de l'appareil rénal.

Ayant ainsi établi, non la toxicité vraie, mais l'osmonocivité du chlorure de sodium, due à l'hétérotonie de ses solutions vis-à-vis des humeurs organiques, MM. Castaigne et Rathery en déduisent des considérations physiologiques sur la fonc-

[1] La théocine est une substance extraite du thé. C'est une diméthyl-xanthine. On peut l'obtenir synthétiquement. Son action a des analogies avec celle de la caféine.

tion rénale. Pour ces auteurs, au niveau des glomérules normaux filtre une solution saline à tension osmotique toujours égale et dont la concentration moléculaire oscille dans des limites restreintes, compatibles avec l'intégrité de l'épithélium rénal. Cette concentration serait constante dans toute la traversée des tubes sécréteurs, là où se fait l'échange, molécule à molécule, entre le chlorure de sodium et les éléments urinaires. « Ce n'est qu'à partir des tubes droits, qui ne subissent pas l'action osmonocive, que l'urine se concentre par résorption d'eau. » L'objection que nous nous permettons de faire à cette hypothèse est que le tube urinifère, depuis le collet du glomérule jusqu'à son abouchement dans le tube droit collecteur, n'a pas la même texture dans toutes ses parties, que les épithéliums y sont dissemblables et que leur rôle diffère très probablement. La constitution de l'urine n'est, sans doute, pas la même au commencement du tube contourné, ni au niveau de l'anse, ni au moment de son arrivée dans le collecteur. Il est difficile d'admettre que sa concentration moléculaire soit absolument égale partout, alors que ce liquide subit à ces divers niveaux des modifications successives. Il est plus probable que l'urine va se concentrant de plus en plus au fur et à mesure qu'elle s'avance vers les tubes droits. Néanmoins, on conçoit que, si les conditions isotoniques changent, une modification cellulaire s'ensuive. Les auteurs expliquent qu'à l'état normal elles ont peu de raisons de changer, parce que, si le rein est temporairement obligé d'éliminer plus de sel, il élimine en même temps plus d'eau, et inversement. Ce n'est donc que dans les cas extrêmes que les lésions rénales se produisent. De là leur très vraisemblable hypothèse du mécanisme de l'albuminurie, qui apparaît aussi bien quand le sel fait défaut que lorsqu'il est en excès.

En outre, MM. Castaigne et Rathery pensent que, s'il se produit une hypotonie urinaire, comme cela arrive dans les polyuries, avec point cryoscopique faible, les cellules épithéliales sont protégées par leur bordure en brosse contre l'osmonocivité. Il semble toutefois que la bordure en brosse, qui n'existe pas tout le long du tube urinifère et dont chaque cil paraît avoir une racine protoplasmique intracellulaire, ait plus qu'un rôle de défense contre une action dynamique et qu'elle participe pour une part importante aux actes sécrétoires de la cellule qui la porte. Lui donner ce rôle de défense est une hypothèse trop précoce. Quoi qu'il en soit, les expériences et déductions de MM. Castaigne et Rathery sont remarquables, et dès maintenant trouvent une application pratique dans la recherche qu'ils proposent de l'albuminurie artificielle post-chlorurique pour se rendre compte de la prédisposition rénale et dans une restriction plus judicieuse de la sérothérapie chlorurée.

III. — Cryoscopie du lait

La falsification des denrées alimentaires est certes une des questions les plus dignes d'attention. Quand la falsification dénature une substance telle que le lait, qui entre dans l'alimentation universelle et, qui plus est, forme l'alimentation exclusive des jeunes enfants, on conçoit plus encore que sa surveillance devienne le souci constant des hygiénistes et des pouvoirs publics. Nous devons donc obligation à ceux qui augmentent nos moyens de reconnaître la bonne qualité du lait et de déceler les fraudes. A cet égard, M. Parmentier a fait œuvre utile en préconisant l'emploi de la cryoscopie dans le contrôle des laits, tant fournis aux établissements de bienfaisance qu'offerts à la consommation publique. Encouragé par les résultats précédemment obtenus par M. Winter, il fit une étude suivie sur la cryoscopie du lait. M. Winter avait remarqué (11 novembre 1895) que la température de congélation du lait de vaches de toute origine oscille dans des limites très restreintes comparativement à la variabilité de composition de ce liquide. Cette température oscille entre — 0°54 et — 0°57, avec — 0°555 comme moyenne.

M. Parmentier a observé le point de congélation d'un grand nombre de laits, dont les origines et les conditions ont été très variées. C'est ainsi qu'il a examiné des laits provenant de vaches de races diverses, des échantillons prélevés au début de la traite, d'autres à la fin, des laits de vaches venant de vêler ou à des périodes éloignées du vêlage, du lendemain jusqu'à dix mois. Il a essayé des échantillons provenant de vaches de divers âges, de trois ans à quatorze ans, de bêtes sous l'influence du rut ou de la grossesse. Il a varié les moments de prise chez la même vache, sur différents pis, sous des régimes alimentaires dissemblables, les niveaux mêmes de prélèvement du lait dans les vases. *Toujours* il a trouvé un point de congélation égal à — 0°55 ou voisin de — 0°55. Les limites extrêmes d'oscillation furent — 0°54 et — 0°57. M. Winter avait trouvé, pour le lait de la femme et de diverses espèces animales (chèvre, jument, ânesse), les mêmes limites d'oscillation.

Ce point de congélation est tout à fait indépendant de la densité du lait, du résidu, de la quantité du beurre et des autres éléments considérés isolément, comme l'avait montré Winter. Ainsi, des laits titrant 40 et 60 % de beurre donnaient le même point de congélation; des laits de même densité, de 1,030 par exemple, donnaient l'un — 0°55 et l'autre — 0°57, etc.

Cette fixité singulière du point cryoscopique tient, selon Winter, aux phénomènes de compensation qui sont le propre des fonctions de l'organisme.

Le chauffage en vase clos, la stérilisation du lait ne modifient pas le point cryoscopique parce que l'évaporation ne se produit pas dans ces conditions. A l'air libre, le chauffage a pour effet de concentrer le liquide, et le point cryoscopique s'abaisse et dépasse — 0°58, — 0°60 ou plus.

L'écrémage, même parfait, ne modifie pas le point.

Tout ce qui précède s'applique au lait pur, essayé peu d'instants après la traite. C'est là l'important, car, dès que le lait a subi une altération quelconque, soit spontanée, soit artificielle, les résultats changent.

Quand le lait a fermenté, le point cryoscopique augmente, s'éloigne du 0. De même, M. Parmentier, observant des laits provenant de vaches malades (maladie du pis, tuberculose), a trouvé de grandes variations dans les températures de congélation.

Le mouillage du lait change considérablement le point de congélation. M. Winter, dès 1895, a donné une formule pour calculer le volume d'eau frauduleusement ajouté. Cette formule permet de dresser des tables, où, vis-à-vis du point cryoscopique noté, on lit la proportion °/₀ d'eau correspondante. Exemples : Si — 0°55 correspond au lait normal, — 0°50 correspondra à 9,09 °/₀ d'eau ajoutée, — 0°40 à 27,27 °/₀ d'eau, etc.

On se sert fréquemment, pendant l'été surtout, de substances dites conservatrices qui diminuent la fermentescibilité du lait. L'addition de ces substances salines abaisse le point cryoscopique de — 0°55 à — 0°575 et d'autant plus que la concentration moléculaire est plus élevée.

Si elles sont isotoniques, les solutions sucrées ou autres ne changent pas le point de congélation, mais la saveur du lait est altérée ainsi que les autres qualités.

De ces faits ressort l'intérêt de l'application de la cryoscopie à la surveillance du lait. Par cette méthode simple et rapide, véritablement pratique, ne nécessitant aucune installation coûteuse, on peut se rendre compte de la pureté du lait. C'est là le point important sur lequel a justement insisté M. Parmentier. Pour cet auteur, le dosage du beurre et la cryoscopie sont les deux procédés de choix à employer dans l'analyse sommaire du lait. Ils permettent, en effet, d'avoir des notions précises sur l'écrémage et le mouillage, qui sont les fraudes les plus communes. Si le point cryoscopique est plus petit que 0°55, le lait est mouillé : on se reporte aux tables pour savoir en quelles proportions. Si le point cryoscopique est plus grand que — 0°57, le lait est toujours altéré, soit par la fermentation, soit par l'addition de substances salines (bicarbonate de soude, etc.). Le lait fermenté se coagule à l'ébullition. Le lait bicarbonaté se coagule moins facilement, mais il a un goût savonneux.

Grâce à l'emploi de la cryoscopie, M. Parmentier a pu déceler le mouillage fréquent du lait dans son propre service d'hôpital et mettre un terme aux fraudes. Cet exemple serait bon à suivre, aussi bien à la ville qu'à l'hôpital.

IV. — Chirurgie anatomo-clinique.

On s'étonnera sans doute de nous voir, dans cette revue de Médecine, parler avec quelque longueur d'une œuvre de Chirurgie. Elle y est pourtant bien à sa place. Le temps n'est plus où la Pathologie se scindait nettement en deux parties : l'externe, domaine propre aux Chirurgiens ; l'interne, réservée aux Médecins. Aujourd'hui, elles se confondent (accidents mis à part) presque partout. Péritonite, hépatite, néphrite, nombre d'affections dites internes, longtemps considérées comme étant du ressort médical pur, sont justiciables d'interventions chirurgicales. Cette fusion ne s'est pas faite seulement sur le terrain de la thérapeutique, mais aussi sur celui du diagnostic.

Il n'y a aucune différence entre les procédés employés par le chirurgien pour arriver à déterminer l'opportunité d'une trépanation et le lieu où elle doit porter et ceux qui font chercher au médecin la zone cérébrale siège de la lésion. Et, comme le temps que l'un passe à acquérir la sûreté et la virtuosité opératoires, l'autre l'emploie à connaître la topographie exacte des territoires cérébraux, ils doivent s'unir pour concourir au but proposé : la guérison du patient. Ces analogies se répètent sur presque tous les organes. C'est souvent pour avoir méconnu l'insuffisance physiologique d'un organe que les échecs opératoires surviennent.

Tous les procédés de diagnostic actuellement mis en œuvre par les médecins et les chirurgiens deviendront de plus en plus féconds en résultats heureux. Le jour est proche, où tombera en désuétude la fameuse formule que la Chirurgie oppose parfois encore avec orgueil à la Médecine hésitante et douteuse : « Le plus simple, c'est d'y aller voir ». Formule logique et brève, d'esprit quelque peu barbare, et parfois risquée, car elle ne comporte pas la solution nette : ce que l'on fera d'utile après avoir vu. Elle sera, nous n'en doutons pas, remplacée avant peu par la formule : « Savoir avant de voir ». Alors les méthodes chirurgicales pourront vraiment s'employer dans toute leur portée, avec des risques très amoindris.

A ce propos, M. Hartmann a entrepris une œuvre qui, certes, mérite d'avoir des imitateurs. Dans un volume (très bien édité), il a réuni divers travaux sortis de son service, sous le titre de *Chirurgie anatomo-clinique*. Retenons-en deux. Ils sont, comme l'on dit, médico-chirurgicaux. L'un a trait à la séparation intravésicale de l'urine des deux reins; l'autre est consacré par MM. Hartmann, Cunéo et Soupault à la chirurgie gastrique.

§ 1. — **Séparation des urines.**

Cette méthode consiste à obtenir séparément l'urine sécrétée par chacun des deux reins. Il n'est pas besoin d'insister sur l'utilité majeure qu'elle peut avoir : cela se comprend de soi-même. Depuis longtemps, les chirurgiens avaient cherché à obtenir ce résultat par des procédés divers : compression d'un des uretères, l'autre restant libre; puis cathétérisme des uretères. La difficulté de l'application de ces procédés les fit successivement rejeter.

Le premier, M. Lambotte (de Bruxelles), en 1890, songea à séparer l'urine de chacun des reins dans l'intérieur même de la vessie, c'est-à-dire à cloisonner artificiellement cette cavité pendant l'écoulement des urines. Il y réussit, mais ne donna pas grand développement à sa méthode. D'autres tentatives furent faites par Neumann, en Allemagne, par Harris, à Chicago; mais les appareils défectueux de ces auteurs ont été remplacés par l'appareil séparateur imaginé par M. Luys et par le diviseur gradué de M. Cathelin.

Le séparateur de M. Luys est l'instrument que préconise M. Hartmann à cause de ses applications pratiques. C'est essentiellement une sorte de sonde disposée de telle sorte qu'une fois introduite dans la vessie on en peut dégager une membrane qui s'élève de bas en haut et cloisonne la cavité vésicale en deux compartiments, dont l'un reçoit exclusivement l'urine de l'uretère gauche et l'autre celle de l'uretère droit. L'appareil, par un double canal, déverse au dehors, en deux récipients séparés, l'urine ainsi puisée.

Les bons résultats que ce séparateur a donnés dans le service de M. Hartmann sont actuellement confirmés par nombre d'autres observateurs.

On peut donc maintenant disposer d'un procédé commode pour savoir, en dehors de tout autre signe clinique, de quel rein proviennent le sang, le pus, les éléments cellulaires, etc., qu'on trouve mêlés à l'urine vésicale. On peut établir des différences entre la quantité et la qualité des urines sécrétées par chacun des reins. La séparation permet de comparer pour chaque côté la composition chimique, la concentration moléculaire de l'urine, le degré de perméabilité de chaque rein : constatations aussi importantes à faire médicalement que chirurgicalement et d'où l'on peut tirer de précieuses indications thérapeutiques.

§ 2. — **Chirurgie gastrique.**

M. Hartmann s'occupe d'abord des affections non cancéreuses de l'estomac. Il n'y a guère qu'une vingtaine d'années que l'intervention opératoire est entrée dans la thérapeutique de ces affections. Il est très instructif de suivre les résultats qu'elle a donnés jusqu'ici et de remarquer l'amélioration progressive au fur et à mesure que les indications se précisaient mieux, que le diagnostic était plus précoce et que, par suite, l'opération portait sur des malades dont l'état général était mieux garanti. C'est ainsi que la mortalité, partant d'une moyenne générale qui s'élevait à 19 °/₀ environ dans les premières années, finit par s'abaisser pour ces dernières années à 7,3 °/₀. La gravité de l'opération dépend évidemment de la nature de l'intervention. Si elle consiste à aboucher la cavité gastrique dans une anse intestinale proche (gastro-entérostomie), la mortalité générale ne dépasse pas 8 °/₀; s'il s'agit d'enlever tout ou partie de l'estomac (gastrectomie), elle s'élève à 37,5 °/₀. La nature de la lésion est encore un facteur important de gravité. Moindre dans les rétrécissements du pylore, dans la gastrosuccorrhée, elle augmente dans l'ulcère. Il y a, dans ce dernier cas, à tenir compte de la gravité propre au symptôme qui motive l'opération, tel qu'une grande hémorragie ou une série d'hémorragies répétées. En outre, il arrive souvent que l'ulcère a retenti sur les organes voisins.

Dans ces interventions, il est certes intéressant de savoir les proportions dans lesquelles les opérés guérissent; plus encore, de savoir ce que ces opérés deviennent plus tard. M. Hartmann expose les résultats éloignés des diverses opérations. La pyloroplastie tend à être délaissée à cause de ses suites médiocres. La libération des adhérences gastriques (gastrolysis) est excellente si ces adhérences sont localisées. La gastroplication est encore à l'étude, ainsi que quelques autres opérations plus rares. C'est la gastro-entérostomie qui donne les résultats les plus nets et les plus durables. Elle supprime les douleurs, les vomissements, les fermentations, les lésions secondaires de la muqueuse baignant dans les liquides altérés; elle ramène l'appétit, les forces, l'embonpoint. C'est actuellement le traitement de choix des rétrécissements pyloriques. L'ulcère gastrique commande plus de réserve, parce que la nature même du mal est variable, et qu'il peut être sous la dépendance d'une cause générale, qui en facilite la persistance et même la récidive : un ulcère guéri, spontanément ou chirurgicalement, peut, en effet, être suivi

de la formation d'un nouvel ulcère dans un autre point de l'estomac.

Pour que l'opération réussisse sur-le-champ, pour qu'elle soit ensuite suivie d'effets satisfaisants et prolongés, il faut en savoir poser les indications opératoires, et M. Hartmann insiste particulièrement sur ces indications. A quoi servirait, en effet, de faire courir les risques opératoires à un malade qui ne pourrait pas bénéficier de l'intervention et souffrirait après comme avant? Les dyspepsies névropathiques sont des contre-indications; mais il faut bien faire la part de la lésion et du trouble nerveux, car la névropathie est souvent secondaire à une altération matérielle de l'estomac. L'ulcère gastrique est une des indications les plus fréquentes, mais déjà certaines de ses complications (abcès, péritonite localisée, hémorragie profuse) ressortissaient directement à la chirurgie. Les sténoses pyloriques restent les indications les plus favorables, surtout prises au début, avant que les diverses causes de débilitation n'aient affaibli le malade. L'inefficacité complète du traitement médical dans les adhérences périgastriques et la situation aléatoire que laissent après elles les gastrorragies rendent presque pressante l'intervention.

L'opération une fois faite, que devient le chimisme gastrique? M. Soupault a étudié particulièrement l'influence de la gastro-entérostomie sur le chimisme dans l'ulcère du pylore. On observe généralement la diminution de l'hypersécrétion à jeun et pendant la digestion; l'abaissement de l'acidité est, au contraire, inconstant. M. Soupault l'attribue aux particularités individuelles et surtout à la persistance de la lésion ulcéreuse que la gastro-entérostomie n'intéresse que médiatement.

Les formes anatomiques que revêtent les cancers de l'estomac ont une grande importance. On comprend, en effet, combien le siège d'une tumeur, sa nature, sa variété, sa marche, ses habitudes de propagation, de généralisation peuvent fournir de renseignements favorables ou défavorables à l'intervention. M. Cunéo a envisagé l'anatomie pathologique du cancer de l'estomac sous ces divers points de vue.

Le cancer siège, dans plus des deux tiers des cas, au pylore. Cette localisation permet un diagnostic plus rapide, à cause des troubles fonctionnels que l'obstacle pylorique suscite; et l'opération est plus précoce, relativement plus facile et mieux située. Il est rarissime que les masses cancéreuses soient multiples. Le cancer forme, sur les parois de l'organe, des plaques plus ou moins étendues, et surtout à la région pylorique affecte une disposition annulaire. Il s'infiltre plus ou moins loin de son point de départ. Certaines formes sont plus enclines à l'infiltration; d'autres à l'ulcération; d'autres donnent des masses végétantes. Ces trois formes peuvent se combiner les unes avec les autres. Ces divers types topographiques et morphodiques s'accompagnent d'altérations secondaires de l'estomac.

Histologiquement, les cancers de l'estomac sont des épithéliomes cylindriques : les uns ont une orientation cellulaire analogue à celle des glandes; les autres n'ont pas d'orientation manifeste : ce sont les carcinomes. La première catégorie offre plusieurs variétés. Chacune d'elles est caractérisée par la disposition particulière de ses tubes épithéliaux. Dans la forme-type, les tubes sont formés de cellules cylindro-cubiques, bien ordonnées sur une ou plusieurs couches et limitées par un tissu conjonctif vascularisé. Si ce tissu conjonctif se développe à l'excès et étouffe les boyaux cellulaires, la tumeur devient dure et est dite squirrheuse; si, au contraire, le tissu de soutènement est très peu développé, le cancer devient mou. D'autres fois, les tubes peuvent se renfler en petits kystes (forme microcystique) remplis d'un suc muqueux. Ailleurs encore, ils se distendent en larges alvéoles, les cellules subissent des modifications dans leur protoplasma et l'épithéliome devient colloïde. De même, dans la catégorie des carcinomes, on peut observer des variétés, des combinaisons avec le type cylindrique vrai, qui rendent les classifications artificielles. Ces diverses formes ont une marche qui leur est souvent spéciale. On pourrait même prétendre, avec une certaine raison, que la variété du type histologique qu'affecte le cancer est, en quelque sorte, fonction de la rapidité de son évolution et de l'intensité des réactions histogénétiques qu'il provoque. Mais ces questions sont encore à l'étude; et nous n'avons à ce sujet qu'une notion précise, connue des Anciens : les formes squirrheuses marchent beaucoup plus lentement que les formes molles. D'après M. Cunéo, ce sont les épithéliomes à dégénérescence muqueuse qui présentent la plus grande malignité.

Le cancer du pylore envahit successivement les diverses parties de la muqueuse gastrique, transformant peu à peu et de proche en proche les cellules, s'infiltrant entre les glandes, envoyant des traînées épithéliales dans les interstices des faisceaux musculaires sous-muqueux, qu'il dissocie et étouffe, formant des petits amas nodulaires, qui finissent par se confondre, attaquant ensuite la tunique musculaire elle-même, enfin le revêtement péritonéal. Cette infiltration de toutes les couches de l'organe une fois effectuée, la masse néoplasique, croissant progressivement, envahit la petite courbure qu'elle rétracte. M. Cunéo a montré que la constance de cette propagation dans ce sens est due à la

richesse lymphatique de la petite courbure, véritable confluent de la circulation lymphatique de l'estomac. Les épithéliomas fusent, en effet, généralement vers le hile lymphatique de l'organe qu'ils affectent. De là, la conclusion pratique qu'il faut, dans l'opération, sacrifier le plus possible de la petite courbure. La partie du duodénum contiguë au pylore ne subit qu'une infiltration limitée; mais il faut néanmoins regarder comme suspects les deux premiers centimètres du duodénum.

Le cancer, après avoir envahi les parois gastriques, finit par apparaître au dehors de l'organe. I forme des adhérences avec les parties voisines, avec le pancréas, le côlon, le foie, la paroi abdominale même et, plus rarement, avec les anses grêles de l'intestin. Ces adhérences, outre qu'elles compliquent les actes opératoires, sont de mauvaises conditions, puisqu'elles sont l'effet d'une dissémination néoplasique étendue. Quelquefois même, le néoplasme vient faire saillie hors de la paroi abdominale et forme un bourgeon qui s'ulcère.

Un des obstacles les plus graves que rencontre la chirurgie gastrique est l'extension souvent lointaine du cancer par les voies lymphatiques. A quelle distance s'est propagé le mal? On ne le sait jamais au juste. Les ganglions proches de l'estomac sont envahis quatre-vingt-sept fois sur cent, d'après M. Cunéo. Mais cet auteur insiste sur ce fait que l'hypertrophie d'un ganglion ne permet pas de préjuger sa dégénérescence cancéreuse. En effet, un ganglion, volumineux d'apparence, peut ne pas être envahi, tandis qu'un ganglion resté petit peut contenir des éléments cancéreux. Les ganglions rétro-pyloriques, quand ils existent, ne sont jamais indemnes ; ceux de la petite courbure sont presque toujours pris. Les vaisseaux lymphatiques sont eux-mêmes infiltrés proportionnellement aux ganglions dont ils sont tributaires. A distance, la propagation cancéreuse se manifeste par des adénopathies diverses, qui parfois sont un bon élément de diagnostic : tels l'adénopathie sous-claviculaire, le ganglion de Troisier. A un stade avancé, le cancer peut se généraliser et produire des métastases dans divers organes : foie, poumons, rate, cerveau, etc. C'est alors par la voie sanguine que se fait la dissémination. Cette généralisation, comme les complications infectieuses dont le cancer de l'estomac peut être le point de départ, est naturellement une contre-indication opératoire formelle.

V. — Syphilis, paralysie générale et tabès.

Deux affections du système nerveux, la paralysie générale et le tabès, ont été jusqu'ici regardées comme incurables. Toutes deux ont ce caractère commun de présenter, au cours de leur évolution clinique, des rémissions, la maladie semblant s'arrêter ou même rétrograder pendant un laps de temps plus ou moins long, après lequel elle reprend. Toutes deux sont actuellement rangées parmi les affections *parasyphilitiques*, parce qu'elles dérivent plus ou moins immédiatement de l'infection syphilitique. M. Fournier a donné ce nom de parasyphilitiques aux maladies qui sont d'origine, mais non de nature syphilitique. Mais cette distinction a été faite surtout dans un but didactique et non dans un but précis de classification nosologique. Les rapports qui existent entre ces affections et la syphilis sont encore diversement interprétés par les médecins. La discussion a une grande importance au point de vue thérapeutique. On conçoit, en effet, que, si leur essence syphilitique était démontrée, elles auraient chance de bénéficier du traitement spécifique, puisque heureusement l'action médicamenteuse antisyphilitique est une des plus constantes et des mieux établies. C'est à cette démonstration qu'entre autres auteurs s'est attaché, avec une insistance bienfaisante, M. Leredde. Ses travaux sur la nature syphilitique et la curabilité du tabès et de la paralysie générale méritent de sortir du domaine médical.

L'origine syphilitique du tabès a été soupçonnée le jour où l'on a constaté (Fournier) que la plus grande partie des malades présentant des symptômes de l'ataxie locomotrice avaient dans leurs antécédents une infection syphilitique plus ou moins lointaine. On a cherché alors la proportion de tabétiques qui avaient eu la syphilis et les diverses statistiques ont donné cette réponse : sur 100 tabétiques, 92 ont eu la syphilis. Les mêmes recherches dans la paralysie générale donnent une proportion de 72 syphilitiques sur 100 paralytiques généraux.

Il s'ensuit donc que les malades qui présentent les symptômes du tabès ou de la paralysie générale ont, pour la plupart, été atteints de vérole. Est-ce celle-ci qui a déterminé ces affections? Pour en avoir la certitude, il faudrait que les lésions nerveuses du tabès et de la paralysie progressive fussent semblables à celles que la syphilis provoque sur le système nerveux, et, en outre, qu'à défaut de la constatation directe de l'agent causal de la vérole, encore inconnu, le traitement anti-syphilitique guérit ces deux maladies.

L'anatomie pathologique permet-elle de trouver, dans les lésions d'origine syphilitique certaine, une caractéristique qui toujours les distingue d'autres lésions et les identifie entre elles? Si la distinction eût été aussi évidente, la réponse eût été péremptoire. M. Leredde expose que, malheureusement, l'histologie ne peut encore

donner des indications aussi nettes. Dans les altérations récentes ou immédiates, on peut presque affirmer que telle lésion est syphilitique; mais, dans les modifications anciennes des tissus, on ne peut pas affirmer que telle lésion *n'est pas* syphilitique. M. Leredde produit, d'ailleurs, une note très excellente d'un savant compétent entre tous, M. le Professeur Renaut (de Lyon), sur la caractéristique anatomo-pathologique de la syphilis. M. J. Renaut y montre que la seule caractéristique irréfragable de la syphilis serait la constatation de l'agent pathogène : cela n'est pas possible actuellement; mais, quel qu'il soit, il n'y a pas lieu de « chercher une lésion qui le caractérise essentiellement ». Les réactions de l'organisme ne sont pas infinies. Il peut fort bien présenter vis-à-vis de cet agent pathogène des réactions semblables ou très analogues à celles qu'il donnerait à l'égard d'un agent de même ordre. La syphilis détermine dans les organes des productions appelées gommes. Or, ces gommes ne sont pas pareilles partout : elles varient selon l'organe où elles siègent. « Il n'y a pas de tumeur typique, caractéristique de la syphilis, qu'il faille appeler la gomme. Chaque tissu fait sa gomme comme il peut. » La syphilis ne manifeste qu'une tendance évidente : celle de frapper les vaisseaux et surtout les vaisseaux artériels. C'est cette lésion artérielle, cette endartérite, qui commande toute la lésion. La conséquence de cette endartérite est de réduire et de déformer le calibre du vaisseau, d'où son nom d'endartérite oblitérante. Elle est le point de départ du processus de sclérose. On voit donc que les scléroses de la moelle et, par conséquent, le tabès, si elles peuvent reconnaître d'autres causes que la syphilis, peuvent également être produites par cette dernière.

Cette conclusion est encore corroborée par les recherches de M. Nageotte sur la pathogénie du tabès. Pour cet auteur, le tabès résulterait d'une méningite syphilitique à évolution lente. Cette méningite précède les lésions des éléments nobles de la moelle. Le processus est commandé par la distribution des voies lymphatiques. D'autre part, MM. Marie et Guillain arrivent à une conception similaire du tabès en disant qu'il résulte d'une altération syphilitique du système lymphatique de la moelle. Tout récemment enfin, MM. Klippel et Lefas ont encore apporté à cette manière de voir un argument favorable en montrant que, dans le tabès et la paralysie générale, la formule leucocytaire du liquide céphalo-rachidien est celle d'une maladie infectieuse. La thèse de M. Leredde devient donc de plus en plus solide et d'autant plus qu'il ne voulait prouver qu'une chose : c'est qu'aucune raison histologique ne s'opposait à ce que les lésions de sclérose du tabès et de la paralysie générale fussent produites par la syphilis. Ce point est acquis.

Il lui restait à démontrer que le tabès et la paralysie générale étaient susceptibles de guérir par le traitement antisyphilitique. Il faut d'abord s'entendre sur la valeur du mot « guérison ». M. Leredde tient à bien en évaluer la portée, et il a raison.

La guérison médicale, et surtout en matière de système nerveux, n'est pas la guérison absolue, ce qu'on appelle la restitution *ad integrum*. Prenons un exemple simple. Une personne, dans un accident, se casse un membre inférieur. Le malheur veut qu'il y ait pénétration des fragments osseux. On réduit la fracture; la consolidation se fait; le cal est solide; mais, à cause de la disposition même de la fracture, il se produit un raccourcissement du membre, qui va déterminer plus tard une claudication. Le malade dans cet état est médicalement guéri. La guérison réelle, naturelle, de la fracture a été obtenue; mais la restitution *ad integrum* n'a pas eu lieu : le blessé boitera. Dans la moelle, quand les cylindraxes ont subi des altérations qui ont pour chacun d'eux autant de conséquences qu'une fracture pour un os, on ne peut raisonnablement exiger qu'il n'en reste rien, que tous les éléments se régénèrent parfaitement. La guérison médicale du tabès ou de la paralysie générale, c'est l'arrêt du processus morbide. M. Leredde va plus loin, en pensant que la guérison absolue peut, elle-même, être obtenue, quand les lésions sont récentes, quand le traitement est convenable. Il a réuni de nombreuses observations, émanant de médecins divers, où des cas de tabès et de paralysie générale ont été guéris ou considérablement améliorés par le traitement mercuriel.

Je ne suivrai pas M. Leredde dans la discussion qu'il s'est donné la grande peine de soutenir sur la valeur des mots employés par les auteurs. Dans ces discussions, le désaccord n'est qu'apparent, parce que certains esprits donnent aux termes une valeur prépondérante. Il est impossible, en effet, qu'aujourd'hui on veuille prendre les mots de tabès et de paralysie générale autrement que comme des expressions symptomatiques complexes. Ce ne sont pas des maladies, ce sont des syndromes. Ce que veut démontrer M. Leredde, c'est que la syphilis est très souvent la cause des lésions nerveuses qui se révèlent par des signes cliniques qui forment un groupement plus ou moins complet. On ne peut lui contester la réalité de cette vue. Et il aura eu le mérite de montrer aux médecins le bénéfice qu'ils pouvaient tirer de l'emploi du traitement syphilitique sur des syphilitiques, en somme, dont la maladie réelle est masquée par un complexus symptomatique qu'on ne s'était pas encore habitué à rapporter à la

syphilis. Ses travaux ont, en outre, servi à préciser certaines règles du traitement, à prouver que, s'il a été si souvent inefficace, c'est que la méthode thérapeutique était insuffisante.

Pour M. Leredde, la question de dose domine tout le traitement. Il est arrivé à s'en convaincre par l'augmentation systématique des doses de mercure dans les syphilis graves jusqu'à l'obtention d'effets utiles, en évitant toutefois l'intoxication. Il conseille de recourir aux sels solubles et de préférence au benzoate de mercure, au biiodure tenu en solution aqueuse par l'iodure de sodium, à l'hermophényl, de tâter la susceptibilité du malade au moyen de doses faibles au début et d'élever progressivement la dose tout en surveillant attentivement la température, le poids, les urines, l'état du tube digestif et de la bouche.

VI. — Goutte et Colchicine.

L'inefficacité fréquente des médicaments usuels n'est une surprise pour personne. Bien qu'il y ait mille causes à incriminer, tenant soit à la valeur qualitative ou quantitative de la matière même, soit à la nature du sujet qui l'emploie et de la maladie dont il souffre, on n'en donne généralement qu'une raison simple : la mauvaise qualité du médicament. Les anciens médecins, thérapeutes moins sceptiques et plus minutieux observateurs peut-être, attachaient à la matière médicale plus de prix que nous. Des échecs qu'ils constataient vinrent leurs espoirs en les progrès de la Chimie théorique et industrielle. Ils pensaient en obtenir des médicaments plus égaux dans leur action et d'une mesure plus rigoureuse. Ce fut alors que la thérapeutique des alcaloïdes apparut et que les substances végétales, par exemple, disparurent de la pratique pour faire place aux seuls principes actifs qu'on supposait contenus dans ces substances.

C'est ainsi que la digitale, remède héroïque, qui, à notre avis, utilisée sous sa forme naturelle, — bien choisie, bien cueillie et bien conservée, — garde encore un rang souverain, tend à faire place à son alcaloïde, la digitaline. Celle-ci, débitée en granules ou en solutions soigneusement titrées, il est vrai, est mise à la portée de tout le monde d'une façon agréable et commode. Il y a longtemps que l'opium démodé a été détrôné par la morphine. Et ainsi de suite tout du long de l'échelle des médicaments, sans parler des excès où la pharmacie actuelle tombe si facilement. Je ne contredis certes pas aux progrès que, dans certains cas, l'extraction des alcaloïdes a réalisés. Mais le médecin d'aujourd'hui, muni de ces poisons foudroyants, a quelque analogie avec le chasseur d'alouettes qui chargerait son arme avec des explosifs fracassants. La Médecine, qui, aussi bien que la Fortune, mériterait de porter un bandeau sur les yeux, ne peut avoir toutefois son allure brutale et fantasque. Il lui faut aller pas à pas, à tâtons : aussi ne doit-elle qu'à bon escient, et après grande réflexion, employer des moyens irréparables. L'innocente diatribe qui précède m'est suggérée par des accidents récemment survenus après l'emploi de la colchicine, alcaloïde du Colchique d'automne. Le colchique, dans la *goutte aiguë*, est un remède très efficace et de haute valeur. Depuis les temps les plus reculés, il a fait ses preuves. Tous les grands thérapeutes de la goutte l'ont préconisé. Manié avec soin, il est exempt de danger. Ce n'est donc pas sans quelque déception qu'on voit des maîtres parmi les plus autorisés s'élever contre l'emploi des préparations de colchique dans la goutte et prédire à leurs élèves les pires catastrophes s'ils viennent à le conseiller. Cette constatation est inquiétante parce que nous n'avons pas trop de remèdes utiles aux malades pour qu'il faille nous priver de l'un des plus spécifiques d'entre eux. Il serait plus juste de mettre les médecins en garde contre l'inégalité d'action du médicament, dont la cause est ici communément dans sa qualité inférieure. Les préparations de colchique étant, il faut l'avouer, souvent médiocres, on s'est rejeté sur l'usage de la colchicine. Ce médicament a une activité incontestable; mais le médecin ne peut jamais (c'est pourquoi j'en suis si peu partisan) préjuger les limites de son action. Tel malade supportera quatre, cinq milligrammes et plus du médicament; et tel autre aura des accidents alarmants après l'ingestion d'un milligramme. Un cas récent d'intoxication mortelle par trois milligrammes de colchicine a été rapporté par MM. Courtois-Suffit et Trastour. Cette dose de colchicine fut prise par un homme de quarante-trois ans *dans la crainte* d'un nouvel accès de goutte. L'intoxication se manifesta par des hémorragies multiples gastro-intestinales et rénales, des ecchymoses sous-cutanées; puis vinrent des phénomènes ataxo-adynamiques et comateux qui, en six jours, déterminèrent la mort. A l'autopsie, outre les diverses diffusions hémorragiques, on trouva un rein atrophique goutteux type. Il y a dans ce dernier fait l'explication de la gravité de l'intoxication. D'où le précepte clinique de toujours surveiller avec soin l'état du rein chez les goutteux, et de ne faire une médication active, *quelle qu'elle soit*, que dans la proportion où les émonctoires le permettent.

Dr A. Létienne.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Boussinesq (J.), *Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **Théorie analytique de la Chaleur,** *mise en harmonie avec la Thermodynamique et avec la Théorie mécanique de la Lumière.* T. II : Refroidissement et échauffement par rayonnement. — Conductibilité des tiges, lames et masses cristallines. — Courants de convection. — Théorie mécanique de la Lumière. — 1 *vol. in-8° de* XXXII-625 *pages.* (*Prix* : 18 *fr.*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1903.

J'ai pu donner une idée de la liaison établie par M. Boussinesq, dans son premier volume [1], entre la théorie de la conductibilité et la théorie mécanique de la chaleur, au moyen de nombreux extraits textuels. Il est inutile d'y revenir. Quelque personnel que soit le mode d'exposition de M. Boussinesq, la première partie du tome II, où sont traités les problèmes abordés par Fourier, n'est pas celle dont la nouveauté nous attire le plus. Comme il arrive souvent dans les ouvrages de M. Boussinesq, les notes et additions ont pris, au cours de l'impression, une importance considérable; il était, d'ailleurs, fatal que la mise en harmonie de la théorie de la chaleur avec celle de la lumière entraînât M. Boussinesq à un exposé, au moins sommaire, de la théorie de la lumière qu'il a constamment développée depuis 1867; l'exposé, loin d'être sommaire, est très étendu, car il occupe près des deux tiers de ce second volume (Note II, p. 265-625); ce n'est pas moi qui m'en plaindrai. Toutes les questions auxquelles M. Boussinesq a apporté de si précieuses contributions sont ici traitées avec tous les soins qu'elles méritent, et plusieurs d'entre elles sont nouvelles. Il paraît impossible d'en donner ici une analyse; il faut pourtant signaler au moins les paragraphes relatifs aux pinceaux de lumière (p. 301-336), à la théorie de la réflexion avec couches de passage (p. 346), tout le chapitre sur l'entraînement des ondes, la théorie de la dispersion et de la polarisation rotatoire, le chapitre sur le principe de Fermat en milieu hétérogène, enfin le chapitre sur la transmission des mouvements non pendulaires et des fronts d'onde. La théorie de M. Boussinesq reposant sur une conception particulière et très séduisante des relations entre l'éther et la matière, nous ne pouvons être surpris de trouver, avant la théorie de la lumière, une première Note sur la résistance opposée aux petits mouvements d'un fluide indéfini par un solide immergé dans ce fluide; c'est une préface naturelle. Les travaux de Stokes, et des compléments de M. Boussinesq, occupent ainsi une soixantaine de pages.

Enfin, sur un sujet presque entièrement inaccessible à la théorie, la déperdition de chaleur par convection, M. Boussinesq a apporté récemment une importante contribution, dont l'intérêt est considérable. En particulier, des considérations d'homogénéité permettent d'obtenir la loi de refroidissement par un courant gazeux permanent pour des corps semblables, en fonction de l'excès de température, de la conductibilité du gaz et de ses autres propriétés générales. La comparaison de la loi obtenue avec les lois de Dulong et Petit sur le même sujet, qui en sont peu différentes, est l'occasion des considérations les plus ingénieuses et les plus intéressantes. Il en est de même de la comparaison avec les toutes récentes expériences de M. Compan, trop tôt enlevé à la science.

« Ce second volume, dit l'auteur en terminant son avertissement, contient, à raison même des questions qui s'y trouvent traitées, plus de formules que le tome I. Mais il est fidèle au même esprit, consistant à ne faire intervenir l'Analyse que dans la mesure où elle semble nécessaire pour fixer l'intuition et arriver aux résultats numériques. Les questions y sont donc, comme dans le premier volume, présentées autant que possible d'une manière concrète, à la fois géométrique et physique ».

Terminons par un trop court abrégé de la table des matières de ce volume substantiel :

L'ouvrage est imprimé par Gauthier-Villars; cela nous dispense d'en louer la perfection typographique. Il a suivi de très près, malgré son étendue, l'apparition du premier volume, et de cela tous les physiciens seront reconnaissants à l'auteur et à l'éditeur.

M. Brillouin.
Professeur au Collège de France.

2° Sciences physiques

Lamotte (Marcel). — **Recherches expérimentales sur les oscillations électriques d'ordre supérieur.** (*Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.* — 1 *vol. in-8° de* 86 *pages. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1903.

Plusieurs expérimentateurs ont étudié le mouvement vibratoire qui prend naissance dans un système comprenant : 1° deux fils primaires partant des bornes E (fig. 1) entre lesquelles jaillit l'étincelle d'une bobine d'induction pour aboutir à des organes transmetteurs

[1] *Revue gén. des Sc.* du 15 mars 1903, t. XIV, p. 281.

divers, dont nous verrons plusieurs échantillons dans l'exposé du travail de M. Lamotte; 2° deux fils secondaires partant des organes récepteurs placés en regard des précédents et aboutissant quelquefois aux armatures d'un condensateur. M. Mazzotto a, le premier, remarqué que, s'il n'y a pas de condensateur et si l'on réunit les deux fils secondaires par un pont P_2, les deux parties du fil qui sont au delà de ce pont n'exercent aucune influence sur l'état vibratoire de la partie antérieure du système et qu'on peut ainsi, avec deux fils secondaires de longueur donnée, étudier ce qui passerait pour toute longueur moindre. Pour reconnaître l'existence de nœuds sur les fils secondaires, il déterminait les positions que l'on peut donner à un pont P_1 sans rien modifier dans les vibrations. M. Lamotte procède d'une façon un peu différente : il se donne la position du pont P_1 et déplace P_2 jusqu'à ce qu'un tube de Zehnder, placé au voisinage du milieu de la distance P_1P_2, s'illumine; le tube s'éteint alors lorsque P_2 s'éloigne dans un sens ou dans l'autre; la moyenne des deux positions qui déterminent l'extinction est celle du nœud cherché. Pour obtenir directement la demi-longueur d'onde, sans faire de correction relative à la longueur du pont, on déplace à nouveau P_2 d'une quantité à peu près égale et on détermine le deuxième nœud. Le deuxième internœud ainsi déterminé est exactement $\frac{\lambda}{2}$.

M. Lamotte insiste sur la différence des deux méthodes; la sienne donne directement toutes les périodes

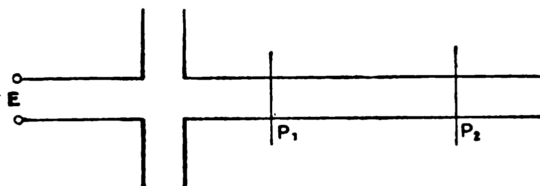


Fig. 1.

qui correspondent à un système terminé au premier pont P_1, tandis que M. Mazzotto n'obtenait, parmi les vibrations d'un système limité au second pont P_2, que celles qui présentaient au moins un nœud entre P_2 et l'origine des fils secondaires; ce n'est qu'en construisant des courbes donnant les positions des nœuds qu'il pouvait déterminer toutes les périodes vibratoires correspondant à une longueur donnée des fils. M. Mazzotto a, d'ailleurs, adopté la méthode de M. Lamotte, après avoir eu connaissance des premiers travaux qu'il était en train d'exécuter.

2. Le premier excitateur employé par M. Lamotte est celui de Drude, dont le primaire se compose d'un cercle horizontal coupé en deux points diamétralement opposés; l'étincelle jaillit à l'une de ces coupures. Un cercle secondaire, concentrique au premier, est coupé en face de l'étincelle primaire et soudé aux fils secondaires. On considère comme longueur du secondaire la distance du premier pont au sommet du cercle secondaire, comptée sur le circuit métallique.

Les résultats sont extrêmement simples : Lorsque le secondaire atteint 1 mètre de longueur, l'internœud correspondant à l'onde fondamentale n'en diffère plus que d'une fraction inférieure à 0,01 et les internœuds suivants sont au premier dans les rapports :

0,511 0,351 0,276 0,228 0,194 0,172,

qui se rapprochent visiblement de ceux qu'exigerait la la loi harmonique :

0,500 0,333 0,250 0,200 0,166 0,142.

Si l'on ajoute que M. Lamotte vérifie directement l'existence des nœuds intermédiaires lorsque la distance entre le premier pont et le cercle secondaire est supérieure à l'internœud qu'il a mesuré au moyen du second pont, on considérera comme parfaitement établi que : *Avec l'excitateur de Drude, les vibrations observées dans le secondaire sont propres au secondaire lui-même et tendent vers la loi harmonique à mesure que la longueur augmente.*

Si l'on introduit un ventre en faisant une coupure au sommet du cercle secondaire, on observe une série se rapprochant de celle des harmoniques impairs.

3. Le résultat fondamental subsiste lorsqu'on remplace l'excitateur de Drude par celui de Blondlot, dépourvu de condensateur. Mais les phénomènes se compliquent quand on introduit ce condensateur. M. Lamotte obtient la série de rapports :

0,497 0,338 0,260 0,225 0,200 0,166 0,141,

et, bien qu'elle se rapproche autant que la série observée précédemment de la loi harmonique, il observe qu'on pourrait obtenir une coïncidence presque parfaite en supprimant le terme 0,225. Cette remarque est, d'ailleurs, justifiée par les faits suivants : La longueur d'onde qui présente ici le rapport 0,225 varie d'une façon irrégulière quand on allonge progressivement le secondaire; elle augmente avec la capacité du primaire; enfin, l'éclat du tube, qui mesure son intensité, ne varie pas d'une manière continue avec la longueur du secondaire, comme il arrive pour les autres vibrations. Ces caractères autorisent M. Lamotte à classer à part cette vibration; il la considère comme une vibration forcée du secondaire, lequel pourrait adopter cette période étrangère en vertu de son amortissement, conformément à l'explication donnée par M. Bjerknes de la résonance multiple.

Nous concluons avec M. Lamotte que : *Quand on emploie l'excitateur de Blondlot muni d'un condensateur, les vibrations supérieures sont très sensiblement harmoniques, mais qu'il peut exister des vibrations forcées du secondaire dont la période est imposée par le primaire.*

4. Dans l'excitateur de Lecher les fils primaires se terminent et les fils secondaires commencent aux armatures de deux condensateurs; M. Lamotte étudie d'abord le cas où les fils primaires sont très courts (15 centimètres). Cohn et Heerwagen calculent la longueur d'onde λ des vibrations d'un système formé par deux fils de longueur l et de rayon R, distants de d, réunis à une extrémité par un pont et à l'autre par un condensateur de capacité c par la formule :

$$\frac{2\pi l}{\lambda} \operatorname{tg} 2\pi \frac{l}{\lambda} = \frac{l}{4c \log \frac{d}{R}}.$$

On peut admettre que, l'étincelle jouant le rôle d'un simple conducteur, les fils secondaires sont réunis par l'intermédiaire de deux condensateurs en cascade et de la capacité formée par les deux boules de l'excitateur; c'est l'ensemble qu'il faudrait introduire dans la formule à la place de c. M. Lamotte calcule la valeur effective de c au moyen de la formule elle-même, en y introduisant la plus grande valeur observée de λ; *les autres valeurs sont bien d'accord avec les nombres calculés d'après la formule de Cohn et Heerwagen.*

La discussion de la formule montre immédiatement que, si c est grand, l'équation est satisfaite pour des valeurs très petites de la tangente, c'est-à-dire que les valeurs de λ sont voisines de la série harmonique complète $\frac{2l}{k}$; si c est petit, les racines de l'équation sont voisines des valeurs de λ qui rendent la tangente infinie, c'est-à-dire de $\frac{4l}{2k-1}$, k étant un entier positif. Cette discussion me semble devoir être complétée sur deux points : dans le premier cas, il faut ajouter à la série harmonique une racine singulière, celle qui varie

comme $\sqrt{c}$ lorsque c est infini; dans le second, on doit observer que, si les premières racines rendent bien la tangente très grande, cette tangente n'en tend pas moins vers c pour les petites valeurs de λ, c'est-à-dire que la série des racines en λ, d'abord voisine de la série harmonique impaire, doit tendre ensuite vers la série complète.

M. Lamotte pense que c, étant égal à 7,17 dans certaines de ses expériences, doit être considéré comme petit et que les nombres observés pour $\frac{\lambda}{2}$, soit :

592 180 105 66,

sont suffisamment voisins d'une suite harmonique impaire qui serait :

592 197 118 85.

Je me permettrai de ne pas partager son opinion et de mettre à part la valeur 592; les trois nombres suivants se rapprocheraient suffisamment des valeurs théoriques d'une suite harmonique complète :

» 200 100 67,

qui correspondent à la longueur « 200 centimètres », des fils secondaires.

En dehors des longueurs d'onde représentées par la formule de Cohn et Heerwagen, M. Lamotte a observé, pour chacune des trois valeurs qu'il a données à la capacité des condensateurs, une longueur d'onde parasite de valeur assez irrégulière, qu'il attribue au primaire. En calculant la longueur des fils qui doivent réunir les deux armatures d'un condensateur ayant la capacité admise plus haut pour former un système présentant la longueur d'onde calculée, on retrouve des valeurs voisines de 15 centimètres. J'observe qu'ici M. Lamotte appelle primaire l'ensemble qui va de l'étincelle à l'origine des fils secondaires et qui comprend les quatre armatures des condensateurs.

5. M. Lamotte passe au cas où les fils primaires sont longs (jusqu'à 150 centimètres). Parmi les nombreuses longueurs d'onde qu'il a déterminées sur des secondaires allant jusqu'à 350 centimètres, il en distingue quelques-unes qui, se retrouvant sur des secondaires de longueur très différente, pour une même longueur de primaire, semblent bien dues au primaire. On peut extraire de l'ensemble des valeurs qu'il a observées pour la demi-longueur d'onde le tableau suivant, dans lequel une ligne correspond à un même secondaire et une colonne à un même primaire :

TABLEAU I. — ***Valeurs des demi-longueurs d'ondes.***

	50	100	150
0.	58	105*	83*
50.	58	103*	80*
100.	57	107	80
150.	58	103	82
200.	57	105	82
250.	57	103	84*
300.	»	»	84*

Il ressort à l'évidence de ce tableau qu'à des primaires de 50, 100, 150 centimètres correspondent respectivement des demi-longueurs d'onde de 58, 105, 82. M. Lamotte a signalé les nombres marqués par des astérisques et fait quelques autres rapprochements; c'est ainsi qu'il signale, pour le même primaire de 150 centimètres, la série suivante :

145 133 140 139 142 139 133

dont la moyenne est 139. Ici, l'auteur ne me semble pas avoir eu assez bonne opinion de la précision de ses résultats; il m'est difficile de considérer tous ces nombres comme égaux au degré d'approximation des mesures. Je verrais plus volontiers dans leurs oscillations l'effet d'une réaction sensible du secondaire. Quant aux autres nombres mis à part par M. Lamotte, je les omets, surtout parce qu'ils ne forment pas de séries complètes s'étendant à toutes les longueurs données au secondaire.

Dans les cas précédents, la constance de la longueur d'onde singulière était loin d'être aussi parfaite que ne l'indique le tableau ci-dessus; c'est pourquoi je pense qu'il y avait lieu de retenir ces nombres pour établir indubitablement la proposition de M. Lamotte. Pour le cas où il y a de légères variations, on pourra les attribuer à une réaction plus ou moins considérable du secondaire sur le primaire, qui détermine des vibrations d'ensemble du système

Cette légère modification dans l'exposition ne m'empêche pas, bien au contraire, de *considérer comme établie l'existence de deux vibrations au moins appartenant en propre à un même primaire* de 150 centimètres, l'une de 82, l'autre de 139 environ, *imposées au secondaire, qui réagit plus ou moins.* M. Lamotte pense que *l'excitateur de Hertz doit également émettre plusieurs vibrations de période distincte.* Je n'y vois pas de difficulté, sauf qu'il ne faut pas oublier que le *primaire* qui est resté invariable dans les expériences de M. Lamotte comprenait les deux armatures secondaires des condensateurs; quant à la loi-limite que M. Lamotte considère comme vraisemblablement applicable à un excitateur très long, à savoir que les vibrations successives tendent vers la série harmonique, j'observerai que cette série doit être complète, car il y a des nœuds aux extrémités de l'excitateur, puisqu'on voit, sur le tableau précédent, que la longueur des fils primaires est voisine d'un internœud ou du double d'un internœud, ce qui place un nœud au voisinage des condensateurs, puisqu'il y en a un à l'étincelle.

6. Avoir établi nettement qu'un secondaire, constitué surtout par des fils parallèles, peut, lorsqu'il est convenablement excité, vibrer suivant les périodes harmoniques que prévoyait déjà la théorie de Kirchhoff, avoir donné un moyen de distinguer les vibrations forcées des vibrations propres, c'est avoir fait une œuvre dont nous aurions lieu de supposer que M. Lamotte pourrait se considérer comme légitimement satisfait, s'il n'avait été assez scrupuleux pour signaler lui-même quelques points de détail qui restent à éclaircir et pour faire toutes réserves sur les hypothèses qu'il a émises et qu'il considère comme devant être soumises au contrôle de l'expérience. Je souhaiterais qu'il ne tardât pas à nous faire connaître le résultat de nouvelles recherches, toujours conduites avec une habileté à laquelle j'ai le plaisir de rendre hommage et qui nous apporteraient sans doute une réponse définitive aux questions délicates dont il a entrepris l'étude avec tant de succès.

C. RAVEAU,
Physicien au Laboratoire d'essais
du Conservatoire des Arts et Métiers.

Morel (Marie-Auguste), *Ingénieur, ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées, Directeur des usines à ciment Portland de Lumbres.* — **Acétylène; théorie, applications.** — 1 *vol. in-8° de* 171 *pages* (*Prix :* 5 *fr.*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1903.

Des deux premiers chapitres de cette Monographie, le premier, de Chimie pure, décrit les propriétés des carbures d'hydrogène, et le second donne des généralités concernant les carbures métalliques et leur décomposition par l'eau, considérée surtout au point de vue thermochimique; l'auteur pénètre ensuite plus intimement dans son sujet par l'historique de la découverte du carbure de calcium. Il décrit alors ses propriétés physiques et chimiques et sa préparation, dont il ne donne, d'ailleurs, que les grandes lignes. La détermination du rendement du carbure en acétylène, que l'on s'attendrait à trouver dans ce chapitre, n'y est que

signalée en quelques mots et c'est là une omission regrettable.

Dans les chapitres IV et V sont données les propriétés chimiques et physiques de l'acétylène, spécialement aux points de vue calorifique, optique et des dangers d'explosion; le grand nombre de données expérimentales numériques fait de ces chapitres la partie la plus documentée et la plus particulièrement intéressante du livre.

Dans le chapitre VI sont passées en revue les applications de l'acétylène à l'éclairage, au chauffage et à la force motrice.

Le chapitre VII est consacré au calcul, un peu trop compliqué peut-être mathématiquement parlant, des appareils générateurs, dont deux modèles sont décrits en détail.

Il est regrettable que, dans ce livre, la partie bibliographique soit laissée de côté d'une manière absolue. Cette abstention totale, outre qu'elle nuit au lecteur désireux d'approfondir un point particulier, présente pour l'auteur même l'inconvénient suivant : on comprend, en effet, fort bien que, dans un livre comme celui-ci, toutes les données, toutes les opinions exprimées ne peuvent être basées sur l'expérience personnelle de l'auteur et, dans le cas d'inexactitudes, l'indication de la source permet d'attribuer à qui de droit la paternité d'une erreur théorique ou technique comme celle qui consiste, par exemple, à insister (p. 23) sur la nécessité de pulvériser finement et de tamiser les matières premières destinées à la fabrication du carbure.

Ce livre se termine par une Note purement mathématique sur le potentiel thermodynamique et l'intérêt que présenterait sa détermination pour le carbure et l'acétylène; malgré l'absence de bibliographie signalée plus haut, cette monographie, très documentée, rendra des services à tous ceux qui s'intéressent aux applications de l'acétylène.

C. Marie,
Préparateur d'Electrochimie
à la Faculté des Sciences.

3° Sciences naturelles

Rothschild (Dr H. de). — **Le Lait.** — *1 broch. de 96 pages.* (*Prix* : *1 fr. 50*). *Doin, éditeur, Paris,* 1903.

Le petit livre qui porte ce titre est un résumé des quatre conférences faites par le Docteur de Rothschild à l'Institut Pasteur en 1902.

Les leçons portaient sur :

I. Les théories pasteuriennes appliquées à l'industrie laitière;

II. Pasteurisation et stérilisation;

III. Principales méthodes d'analyse;

IV. Fraudes et falsifications.

Dans cet opuscule, on trouve rassemblés et coordonnés un très grand nombre de renseignements et de documents d'un grand intérêt.

C'est un livre à garder dans un laboratoire; on aura souvent l'occasion et le plaisir de le consulter, car on y trouvera toujours quelque chose à apprendre et de bon à retenir.

R. Lezé.
Professeur à l'Ecole d'Agriculture
de Grignon.

Pervinquière (Léon), *Docteur ès sciences, Chef des Travaux pratiques de Géologie à la Sorbonne.* — **Etude géologique de la Tunisie centrale.** — *1 vol. in-4° de 360 pages avec figures, planches et carte.* (*Prix : 15 fr.*). *F. de Rudeval, éditeur,* 4, *rue Antoine-Dubois. Paris.* 1903.

Grâce à l'intelligent patronage de la Direction générale des Travaux publics de la Tunisie, qui en a pris à sa charge tous les frais d'édition, un important Mémoire sur la géologie de la Tunisie centrale vient d'être publié dans des conditions exceptionnelles de célérité. L'auteur, M. L. Pervinquière, docteur ès-sciences, chef des Travaux pratiques de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris, avait été chargé, en 1897, d'une Mission scientifique par le ministre des Travaux publics. Trois années ont été consacrées par lui aux études en Tunisie, et, deux années à peine après l'achèvement de son travail, le laborieux explorateur a pu en faire connaître les importants résultats dans un beau volume in-4°, édité avec une rare perfection typographique et un grand luxe d'illustrations.

Voilà un exemple d'activité scientifique qui est de nature à étonner tous les savants et, en particulier, ceux qui ont fait partie, il y a une vingtaine d'années, de la grande Mission de l'exploration scientifique de la Tunisie. Cette grande Mission, en effet, ne nous a pas habitués à pareille célérité. Quoique bien conçue et assez largement dotée, elle n'a pas donné, faute d'une bonne organisation et d'une direction méthodique dans les travaux, tous les bons résultats qu'on en espérait.

Après vingt années, son œuvre, en ce qui concerne la Géologie, est encore attendue. Trois géologues, cependant, MM. Georges Rolland, Le Mesle et Philippe Thomas, y ont consacré de laborieuses campagnes. Il n'en est sorti aucun travail d'ensemble, aucune carte générale coordonnant les résultats partiels obtenus de divers côtés.

De M. Philippe Thomas, seul, nous pouvons encore espérer la publication de ce travail si désirable. Il a publié déjà de nombreuses Notes sur des questions spéciales, notamment sur les gisements de phosphate de chaux dont la découverte lui est due; mais il lui reste en portefeuille une grande quantité de documents inédits dont la publication serait bien utile. M. Thomas, d'ailleurs, avec ce désintéressement dont il a donné tant de preuves, ne ménage pas ses documents, et il prodigue volontiers les renseignements aux explorateurs qui les lui demandent. Aussi, c'est avec une réelle satisfaction que nous voyons aujourd'hui M. Pervinquière rendre, dans son avant-propos, un juste hommage à la rare abnégation de ce vaillant explorateur de la Tunisie méridionale.

En l'absence donc de ce travail d'ensemble que l'on attendait de la Mission d'exploration, l'œuvre personnelle de M. Pervinquière, qui y supplée pour une grande partie, a été accueillie avec une vive satisfaction par tous ceux qui s'intéressent au développement de notre grande colonie.

C'est la région centrale de la Tunisie que le jeune savant a choisie comme objet de ses études. La raison en est que cette région semble être la moins connue, car c'est surtout le sud de la Régence, le littoral et quelques portions de la région occidentale qu'ont explorés les géologues que nous venons de désigner.

M. Pervinquière, dans son beau volume de 360 pages, nous donne une description très détaillée et très complète de ces grands massifs de la Tunisie centrale, si accidentés et d'une structure si compliquée.

Cette description est divisée en deux parties principales : la stratigraphie et la tectonique.

Dans la première, l'auteur fait connaître, avec tous les détails paléontologiques et lithologiques et avec une importante suite de coupes et de profils méthodiquement relevés, la série considérable des formations géologiques qui forment le massif du Centre tunisien et qui comprennent presque tous les termes de l'échelle stratigraphique.

Non seulement il y expose en détail ses nombreuses et intéressantes découvertes, mais il a le soin de comparer ses observations avec les résultats déjà acquis en Algérie, en Egypte et autres contrées de faciès similaire, et de cette comparaison il a su tirer de judicieuses déductions.

Un chapitre entre tous les autres se fait remarquer par son développement. C'est celui qui traite de la formation éocène.

L'auteur a donné des soins particuliers à cette partie, en raison de l'intérêt considérable qui s'attache aux puissantes couches de phosphorite interstratifiées dans cette formation.

Dans la deuxième partie de son Mémoire, M. Pervinquière traite de la structure architectonique de la Tunisie, laquelle a été à peine étudiée jusqu'ici. Cette partie, également fort bien traitée, est illustrée de nombreuses et excellentes phototypies, qui, mieux que toutes les descriptions, nous font connaître une nombreuse série de massifs montagneux aux formes caractéristiques, des dômes, des cirques et des accidents géologiques de natures diverses.

Une grande carte géologique, en couleurs, au $\frac{1}{200.000}$ complète heureusement cette étude de la Tunisie centrale. Cette carte, relevée avec toute la précision possible en pareil pays, a présenté des difficultés d'exécution exceptionnelles. Cependant, on ne peut lui reprocher qu'une petite imperfection dont, d'ailleurs, l'auteur a soin d'expliquer les causes.

Par suite de la réduction photographique et du report, la plupart des noms sont devenus d'une lecture trop difficile. Pour les yeux un peu fatigués, l'emploi de la loupe est nécessaire pour la lecture de la carte, et c'est là un réel inconvénient.

Quoi qu'il en soit, cette carte constitue un progrès considérable sur la carte au $\frac{1}{800.000}$ de M. Aubert, qui n'avait distingué que des groupes d'étages, et on peut espérer qu'elle rendra plus de services encore.

A. Peron,
Correspondant de l'Institut.

Reclus (Elie). — **Les Primitifs, étude d'Ethnologie comparée.** — *1 vol. in-12 de 401 pages.* (*Prix : 4 fr.*) *Schleicher frères et Cie, éditeurs, Paris* 1903.

Lorsqu'en 1885 parut la première édition du livre de M. Elie Reclus : les *Primitifs*, nous avions donné notre appréciation à ce sujet dans la *Revue d'Anthropologie* (1886, p. 358-359) :

« M. Elie Reclus, disions-nous, s'est proposé de donner un tableau aussi complet que possible de la vie psychique, morale et sociale de quelques groupes ethniques dispersés sur les points du globe les plus éloignés. Il fait défiler devant nous, d'abord les Hyperboréens, c'est-à-dire les Esquimaux orientaux et occidentaux, réunis aux Aleutiens, aux Koloches, aux Tchouktches, et aux Kamtchadales; puis les Apaches du sud-ouest des Etats-Unis; les Naïrs du Malabar; les monticoles des Nilgherris, c'est-à-dire les Todas, les Badagas, les Iroulas, les Cotas, les Couroumbas; enfin les Kolariens du Bengale et les Khonds. » Depuis cette époque déjà lointaine, les connaissances ethnologiques se sont accumulées, et, sur bien des points, ont modifié les premières idées des savants. Si, dans ces conditions, M. Reclus avait voulu publier une édition conforme aux nouvelles données de la science, il lui aurait fallu refaire entièrement son ouvrage. Il aurait même fallu supprimer complètement certaines de ces études.

En effet, « M. Reclus a choisi les populations mentionnées, justement parce qu'il a pu découvrir, dans leur vie psychique, plusieurs traits qui dénotent un stade de développement tout à fait primordial ». Or, pour plusieurs des populations dont s'est occupé l'auteur des *Primitifs*, d'autres renseignements sont venus prouver, au contraire, un stade de développement beaucoup plus avancé. Les travaux de Baldwin Spencer (1899), de Stelling et F. Gillen (1896), et de Roth (1897-1903), sur les Australiens ; du docteur Boas (1890-1903), de Bogoraz et Jochelson (1897-1903), sur les Esquimaux et les autres hyperboréens; de Crooke (1899), de Thurston, sur les populations de l'Inde méridionale, ne nous permettent plus d'accepter absolument certaines des conclusions de M. Reclus.

Il s'est, d'ailleurs, lui-même rendu compte que son édition ne pouvait pas être simplement « refondue », et il a préféré la représenter telle quelle au public. « Depuis que furent écrites les pages ci-dessus, les Primitifs qu'elles décrivaient ont changé de physionomie; la civilisation, ainsi nommée, les transforme rapidement».

« Fallait-il remodeler ces études pour les mettre au courant des conditions actuelles? — Mais que dirait-on du peintre, qui, tous les dix ans, retoucherait un portrait, afin de l'avoir toujours ressemblant? « La figure du monde change, on le dit depuis longtemps ».

Cependant, et malgré toutes ces considérations, le livre de M. Reclus est une œuvre trop longuement méditée et trop bien documentée, pour ne pas avoir gardé, à travers le temps, un intérêt considérable. Le penseur et le curieux y trouveront toujours, et des idées profondes et des observations précieuses; cet ouvrage, tel qu'il est, répond, du reste, toujours au but qu'il se proposait. Par son style chaud et imagé, qui apporte à tous ses récits une saveur particulière, M. Elie Reclus sait réveiller l'intérêt pour l'Ethnographie, dont tant de personnes parlent, et que si peu connaissent en réalité.

J. Deniker,
Bibliothécaire du Muséum d'Histoire naturelle.

4° Sciences médicales

Sergent (D^rs^ Ed. et Et.), *de l'Institut Pasteur de Paris.* — **Moustiques et Maladies infectieuses. Guide pratique pour l'étude des Moustiques** (*Encyclopédie des Aide-Mémoire Léauté. Section du Biologiste*). (*Préface de* E. Roux, *membre de l'Institut, sous-directeur de l'Institut Pasteur*). — *1 vol. in-12 de 176 pages avec 40 figures. Masson et Cie, Gauthier-Villars, éditeurs, Paris,* 1903.

Depuis deux ans, MM. Sergent poursuivent des recherches originales sur les Moustiques de France et d'Algérie, et ils ont fait, dans une gare d'Algérie, en 1902, le premier essai de prophylaxie du Paludisme, basé sur les nouvelles méthodes, qui ait été tenté dans notre grande colonie africaine.

Ils ont acquis ainsi une très grande pratique de tout ce qui est relatif aux Moustiques : recherche et récolte des larves et des adultes, — conservation dans le laboratoire des individus vivants, — préparation et utilisation des insectes ailés, soit en vue de leur étude systématique, soit en vue d'expériences d'infection par les hématozoaires variés qui ont besoin d'eux pour accomplir une partie de leur cycle évolutif.

Ils ont eu alors l'heureuse idée de faire profiter de leur expérience personnelle tous ceux qui, par devoir ou par nécessité, ont à se préoccuper des moustiques et des moyens de les détruire. Leur exposé, accompagné de nombreuses figures originales, est toujours extrêmement clair et si bien mis à la portée de tous que quiconque l'aura lu attentivement sera à même de prendre une part active et efficace, dans d'excellentes conditions, à la lutte qui doit s'engager sur tous les points du Globe où les moustiques exercent leurs ravages.

Ceux qui, ayant quelque habitude du microscope et du goût pour l'entomologie, voudront aller plus loin dans l'étude des Moustiques, trouveront également, dans le livre de MM. Sergent, tous les éléments pour arriver à la détermination *générique* des insectes qu'ils auront en mains. On a tellement multiplié les genres en ces dernières années, que cette détermination générique est souvent suffisante. Même quand il s'agit de pays palustres, on peut généralement se contenter de reconnaître si le moustique appartient à la sous-famille des *Anophelinæ* ou à une autre sous-famille et, dans ce cas, un simple examen à la loupe suffit.

Dans cette partie de leur œuvre, MM. Sergent n'ont rien innové. Ils se sont contentés de reproduire la classification des Culicides, telle qu'elle a été établie récemment par F.-V. Theobald, le savant conservateur du British Museum.

Nul doute que le *Guide pratique* de MM. Sergent n'obtienne le succès qu'il mérite, en figurant dans la bibliothèque de voyage de tous ceux qui vont dans les pays à Moustiques.

F. Mesnil,
Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Novembre 1903.

M. **G. W. Hill** est élu Correspondant dans la Section d'Astronomie, en remplacement de Schiaparelli, décédé. — La Section de Géographie et Navigation présente la liste suivante de candidats pour la place laissée vacante par le décès de M. de Bussy : 1° M. **E. Bertin**; 2° MM. **Caspari** et **Ch. Lallemand.**

1° Sciences mathématiques. — M. **S. Bernstein** communique ses recherches sur la nature analytique des solutions de certaines équations aux dérivées partielles du second ordre. — MM. **F. Schrader** et **Ch. Sauerwein** ont appliqué le tachéographe Schrader aux travaux hydrographiques exécutés dans la principauté de Monaco.

2° Sciences physiques. — M. **Em. Marchand** conclut, des observations enregistrées à Bagnères-de-Bigorre et au Pic du Midi pendant la grande perturbation du 31 octobre, que, au cours des orages magnétiques, les courants perturbateurs du champ terrestre sont situés, au moins partiellement, dans les hautes régions de l'atmosphère. — M. **M. Brillouin** décrit le principe d'une méthode optique de mesure de très petits angles de rotation; on arrive facilement à les mesurer à une demi-seconde près. — M. **C. Camichel** indique une méthode de détermination des maxima et des minima de transparence dans les spectres d'absorption. Elle consiste à comparer le spectre à étudier avec un autre spectre, dont l'intensité peut être atténuée dans un rapport connu. — M. **G. Claude** est parvenu à extraire en grande partie l'oxygène de l'air par liquéfaction partielle de ce dernier et circulation des portions liquéfiées en sens inverse et au contact du courant gazeux aux dépens duquel elles se forment. — MM. **H. Moissan** et **A. Rigaut** ont préparé l'argon en grande quantité en soumettant l'azote atmosphérique à l'absorption par le magnésium, puis par le calcium métallique, qui absorbe le reste ainsi que les dernières traces d'hydrogène. — MM. **G. Urbain** et **H. Lacombe** sont parvenus à séparer rigoureusement le gadolinium et le samarium, par fractionnement de leurs nitrates doubles avec le magnésium, en ajoutant à leurs solutions une quantité notable de nitrate double de Mg et de Bi. — M. **J. Bougault** montre que le kermès ne renferme probablement pas de Sb^2O^3, mais une quantité importante de pyroantimoniate de sodium. — MM. **Ch. Moureu** et **M. Brachin** ont constaté que les acétones acétyléniques, en réagissant sur l'hydroxylamine, fournissent des isoxazols; les rendements sont quantitatifs. — M. **L. Maquenne** a reconnu que la rétrogradation de l'empois d'amidon avec le temps est d'autant plus rapide et plus profonde que la température est plus basse; le phénomène est favorisé par la présence d'acides minéraux, même à la dose de 1/10.000^e. — MM. **Al. Hébert** et **E. Charabot** ont étudié l'influence de la nature du milieu extérieur sur la composition organique de la plante. Par addition au sol de substances diverses, la quantité absolue de matière végétale peut varier beaucoup, mais sa composition centésimale reste à peu près la même.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Desgrez** et **J. Adler** : Contribution à l'étude de la dyscrasie acide (voir p. 1228). — M. **Biraud** a traité par les rayons X un cas de cancer inopérable du sein, et a obtenu la disparition des douleurs et une forte régression de la tumeur. — M. **S. Leduc** a reconnu que la résistance électrique du corps humain est surtout la résistance de la peau, et celle-ci, comme celle de tout électrolyte, dépend de la nature et de la concentration des ions qu'elle contient. — MM **A. Broca** et **D. Sulzer** ont constaté que notre alphabet actuel est mal conçu au point de vue physiologique; par l'adoption de formes plus propices, on pourrait augmenter d'un tiers la vitesse de reconnaissance des lettres. Il y aurait aussi tout intérêt à imprimer blanc sur noir au lieu de noir sur blanc. — M. **Fr. Weis** a observé qu'à la lumière solaire directe et à une température favorable l'*Oenothera biennis* assimile environ trois fois autant de CO^2 qu'à la lumière diffuse. Le *Polypodium vulgare*, au contraire, assimile un peu plus à la lumière diffuse. — M. **R. Viguier** a reconnu que, dans le *Lamium album*, il n'y a pas à proprement parler de passage de la racine à la tige; les cotylédons présentent une disposition alterne très nette des éléments libériens et ligneux. — M. **F. Wallerant** a observé que le nitrate d'ammonium est susceptible de cristalliser dans cinq systèmes; ce polymorphisme se retrouve chez plusieurs nitrates. — M. **P. Termier** signale quelques analogies de facies géologiques entre la zone centrale des Alpes orientales et la zone interne des Alpes occidentales. — M. **D. Pantanelli** montre que, dans les puits artésiens, la pression des couches de terrain vient s'ajouter à la pression hydrostatique pour provoquer le jaillissement de l'eau. — MM. **M. Piroutet** et **Arm. Laurent** ont découvert un niveau fossilifère nouveau dans le Keuper franc-comtois.

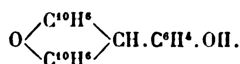
Séance du 23 Novembre 1903.

M. **E. Bertin** est élu Membre de la Section de Géographie et de Navigation.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Fejer** montre l'utilité de la théorie des séries divergentes dans la résolution de quelques équations fonctionnelles classiques. — M. **D. Pompeiu** présente ses recherches sur un système de trois fonctions de variables réelles. — M. **H. Deslandres**, à propos de la perturbation magnétique du 31 octobre, montre l'utilité de l'enregistrement continu des éléments variables du Soleil. — M. **A. de Lapparent** montre que les déterminations de la pesanteur sur l'Océan Atlantique, entre Lisbonne et le Brésil, justifient la théorie qu'il a émise, à savoir que les océans d'un côté, les continents de l'autre, n'interviennent dans les variations de la pesanteur que là où une dislocation met en contact un compartiment qui s'écrase et un autre qui reste fixe ou se relève. — M. **Ch. Renard** montre qu'on peut dès à présent réaliser, avec ses hélices à axe vertical et les moteurs ordinaires d'automobiles, l'intéressante expérience du soulèvement prolongé d'un hélicoptère.

2° Sciences physiques. — M. **R. Blondlot** a constaté un renforcement de l'action exercée sur l'œil par un faisceau de lumière lorsque ce faisceau est accompagné de rayons *n*. L'eau salée emmagasine les rayons *n* et les restitue ensuite. — M. **C. Tissot** a employé le bolomètre comme détecteur d'ondes électriques et lui a reconnu une extrême sensibilité qui permettra peut-être, grâce à lui, de résoudre le problème de la syntonie. — M. **Oudin** présente une ampoule de Crookes avec prolongement en forme de doigt de gant pour la radiothérapie appliquée aux organes difficilement accessibles. — MM. **F. Osmond**, **Ch. Frémont** et **G. Cartaud** ont reconnu que, pour un même acier, l'application d'efforts statiques favorise les lignes de déformations banales ou cellulaires, prodromes d'une cassure banale après grande déformation; la température du bleu, les chocs, les efforts rapidement alternés

favorisent les lignes de déformation cristalline, prodromes de la rupture inter-cristalline, brusque et sans déformation notable. — M. P. **Vaillant** a étudié l'absorption des solutions aqueuses et acides de méthyl-orange, et constaté que, sous l'influence des acides, il se produit une transformation moléculaire du méthyl-orange, d'autant plus rapide que l'acide est plus énergique. — MM. A. **Hollard** et **Bertiaux** sont parvenus à séparer le nickel et le zinc par électrolyse en supprimant le dégagement d'oxygène à l'anode par l'emploi d'une anode soluble. — M. L.-J. **Simon** a préparé l'acide oxalacétique par saponification de son éther au moyen d'acide chlorhydrique concentré; il ne diffère pas de ceux de Fenton et de Wohl. — M. R. **Fosse** a obtenu, par l'action des sels de dinaphtopyryle sur les phénols, des composés du type



Ces corps sont complètement insolubles, à chaud et à froid, dans les alcalis aqueux, mais se dissolvent dans les alcalis alcooliques. — M. **Amé Pictet** a réalisé la synthèse de la pyridine en partant de la β-aminopyridine. Le mucate de cette base fournit par distillation l'Az-pyridylpyrrol, qui se transforme en α-pyridylpyrrol. L'iodométhylate de ce dernier donne par distillation l'isodipyrine, dont le dérivé tétrahydrogéné constitue la nicotine inactive; celle-ci est alors résolue par l'acide tartrique droit. — MM. J.-E. **Abelous** et J. **Aloy** montrent qu'il existe, dans l'organisme animal, une diastase qui serait à la fois oxydante et réductrice. — M. **Mazé** a étudié la fermentation forménique des feuilles mortes et a reconnu qu'elle est due à un microbe rappelant une grosse sarcine, qu'il nomme pseudo-sarcine. Le formène ne se produit pas aux dépens de substances hydrocarbonées.

3° Sciences naturelles. — M. **Béraneck** a préparé deux sortes de tuberculines: les unes (acidotoxines) en extrayant des bacilles tuberculeux par de l'acide orthophosphorique, les autres (basitoxines) en filtrant des cultures tuberculeuses faites dans un milieu alcalinisé à la chaux. Le mélange de ces tuberculines, injecté à des tuberculeux, a produit dans 60 °/₀ des cas une amélioration. — M. G. **Bohn** a étudié l'action des rayons de Becquerel sur les téguments. Ils agissent sur les filaments nerveux périphériques en produisant une sorte d'anesthésie; ils modifient d'une façon durable la croissance des épithéliums; ils agissent, enfin, sur la pigmentation. — M. R. **Anthony** montre que la pression due aux muscles crotaphytes est et a été une sorte d'obstacle au développement cérébral. — Mme S. **Motz-Kossowska** a reconnu que le mouvement de l'eau détermine, chez les Hydraires, avec une réduction constante dans la taille et la ramification des colonies, un changement d'aspect se traduisant tantôt par l'augmentation de la flexibilité, tantôt par l'exagération de la rigidité. — M. F. **Ladreyt** a constaté que les amybocytes du *Sipunculus nudus* débarrassent l'organisme de ses excréta, le protègent en formant, autour des éléments étrangers qui y sont introduits, une gaine anhyste, et enfin accumulent du glycogène dans leur protoplasma. Les hématies adultes absorbent le carmin injecté dans le cœlome. — M. Ch. **Gravier** a déterminé une Méduse trouvée en 1903 dans le Victoria Nyanza; elle est identique à la *Limnocnida Tanganycae* du Tanganyika. Ce dernier ne serait donc pas le seul grand lac africain ayant communiqué autrefois avec la mer. — M. P. **Vuillemin** a étudié la double fusion des membranes dans la zygospore des Mucorinées. — M. G. **Delacroix** a reconnu que la jaunisse des betteraves est due à l'action d'un microbe qu'il nomme *Bacillus tabificans*. Le traitement de la maladie comporte les indications suivantes : employer un assolement au moins triennal; éviter de porter aux fumiers les feuilles malades et les enfouir directement; ne semer que des graines âgées de 4 ans. — MM. L. **Duparc** et F. **Pearce** décrivent leurs recherches sur les formations de la zone des quartzites et conglomérats inférieurs au Dévonien dans l'Oural du Nord. — M. P. **Termier** a reconnu que le massif cristallin qui comprend le Gross Venediger et les hauts sommets du Zillertal n'affleure au jour que grâce à une déchirure, ou à une fenêtre ouverte dans un système de nappes de recouvrement. — M. H. **Arsandaux** a analysé un certain nombre de roches sodiques recueillies dans l'Est africain. Les types riches en alcalis abondent dans cette partie du continent africain. — M. **Deprat** décrit les diverses roches éruptives mises en place dans l'île d'Eubée aux différentes époques géologiques.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 Novembre 1903.

M. F. **Raymond** présente le Rapport sur le concours du prix Civrieux. — M. E. **Roux** présente le Rapport sur le concours pour le prix Audiffred. — M. **Marmorek** lit un Mémoire sur un sérum et vaccin antituberculeux. — M. **Hamonic** donne lecture d'un travail sur la syphilisation du singe.

Séance du 24 Novembre 1903.

M. L. **Landouzy** présente le Rapport sur le concours du Prix Guzman. — M. G. **Mahn** lit un travail sur le traitement des ulcérations cancéreuses par des badigeonnages d'adrénaline. — M. **Reynier** donne lecture d'une note sur quelques réflexes de l'estomac.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 Novembre 1903.

MM. **Barjon** et Cl. **Regaud** décrivent un nouveau procédé pour l'étude histologique du sang et généralement de tous liquides tenant en suspension des éléments anatomiques naturellement ou artificiellement dissociés. — M. **Verdun** a observé une mycose rénale chez une Carpe commune; elle a une ressemblance frappante avec l'aspergillose des Vertébrés supérieurs. — M. V. **Henri** a étudié les contractions rythmiques des vaisseaux marginaux et du poumon aqueux chez les Holothuries; elles provoquent l'agitation perpétuelle du liquide périviscéral. — M. V. **Henri** : Etude des ferments digestifs chez quelques Invertébrés. — MM. **Hallion** et **Carrion** pensent que les injections chlorurées intravasculaires amènent des perturbations dans les matières albuminoïdes du sang qui se rattachent étroitement à l'albuminurie. — M. R. **Marie** montre que les chlorures retenus dans l'organisme ne le sont pas tous à l'état de dissolution dans le plasma interstitiel, mais qu'il y a un état où ils sont fixés par les tissus ou organes. — MM. A. **Desgrez** et J. **Adler** ont reconnu que l'influence de la dyscrasie acide (chlorhydrique) sur la formation synthétique de l'acide hippurique dans l'organisme est de réduire de plus de moitié la puissance synthétique de la cellule vivante. — M. R. **Lerat**, en oxydant la vanilline par l'oxydase de certains champignons, a obtenu un corps identique à la déhydrodivanilline de Tiemann. — M. A. **Laveran** a déterminé un certain nombre de Culicides provenant de Madagascar et de Dakar. Il existe de nombreux *Anopheles* à Dakar. — M. G. **Loisel** a reconnu que les glandes génitales d'Oursins en activité sexuelle renferment des poisons (toxalbumines et alcaloïdes) qui sont élaborés par ces glandes elles-mêmes et ne proviennent pas d'infections microbiennes. — M. L. **Maillard** critique les travaux de M. Monfet, relatifs à l'indican urinaire. — M. P.-L. **Simond** décrit un Sporozoaire nouveau, du genre *Nosema*, qui vit en parasite sur le *Stegomya fasciata*. — MM. **Couvreur** et **Gautier** ont étudié le rythme respiratoire du Caméléon; il y a trois pauses dans un mouvement respiratoire complet, qui dure environ une minute. — M. E. **Maurel** a reconnu que les doses minima mortelles de sulfate de spartéine sont voisines pour le congre, la grenouille, le pigeon et

le lapin ; elles sont comprises entre 0,15 et 0,40 gramme par kilog de poids. — **M. A. Dastre** montre, d'une part, que les leucocytes intéressés dans l'acte de la coagulation du sang sont très résistants ; d'autre part, que la production du fibrin-ferment n'est pas due à la destruction nécessaire des globules blancs. Ces deux faits renversent les théories actuelles de la coagulation. — **MM. A. Dastre, V. Henri** et **Stodel** ont constaté que la propeptone n'exerce pas d'action leucolytique. — **M. M. Arthus** a observé que la production du fibrin-ferment est une véritable sécrétion physiologique ; elle est entravée par le fluorure de sodium. — **M. G. Stodel** a reconnu que le sang dilué avec NaCl à 9 °/₀₀ se coagule d'autant plus lentement qu'il est plus dilué. — **M. H. Stassano** montre que, parmi les différentes espèces de leucocytes, les mononucléaires sont plus spécialement affectés au transport sinon à l'élaboration du fibrin-ferment. — **MM. Edm.** et **Et. Sergent** ont constaté que les papayers, les ricins et les eucalyptus sont impuissants à arrêter les moustiques au seuil de nos maisons. Les mêmes auteurs ont trouvé des *Anopheles* dans des localités non paludéennes des environs de Paris. — Enfin, **MM. Sergent** signalent la présence d'une nouvelle espèce d'*Anopheles* (*Myzomyia Hispaniola* Theobald) en Algérie. — **MM. L. Richon** et **P. Jeandelize** communiquent quelques mesures et observations faites sur un castrat naturel. — Les mêmes auteurs ont reconnu que le lapin jeune, castré ou ovariotomisé, subit les mêmes effets de la thyroïdectomie que s'il avait été simplement thyroïdectomisé. — **M. Ch. Garnier** a observé une légère augmentation du pouvoir lipasique du sang à la suite de l'administration de lavements huileux chez l'homme. — **M. F. Dévé** admet la spécificité du parasite échinococcique alvéolaire. — **M. Cordier** a remarqué que la solution alcoolique de chlorophylle jouit, vis-à-vis du sang, de propriétés anticoagulantes. — **MM. A. Paris** et **M. Salomon** ont étudié les lésions histologiques de la rate dans la syphilis héréditaire. Dans un premier stade, il y a congestion et réaction des éléments figurés, fixes et mobiles; plus tard, les lésions interstitielles s'accentuent et se généralisent en détruisant les groupements folliculaires. — **M. O. Josué** a observé un athérome aortique expérimental par injections répétées d'adrénaline dans les veines. — **MM. M. Loeper** et **O. Crouzon** ont constaté que l'adrénaline et les extraits surrénaux ont une action excito-leucocytaire et globulicide sur le sang. — **MM. A. Gilbert** et **P. Lereboullet** cherchent à expliquer la cause des relations qu'ils ont signalées entre la cholémie familiale et les cirrhoses biliaires. — **M. F. Potier** a observé une dégénérescence pigmentaire généralisée dans deux cas de gastro-entérite des nourrissons.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 10 *Novembre* 1903.

M. H. Sérégé a démontré l'existence d'un double courant sanguin dans la veine cave inférieure. — **MM. Dufougeré** et **Tribondeau** signalent une conséquence curieuse du récent cyclone de la Martinique : Un certain nombre de personnes, réfugiées sous des mancenilliers, ont reçu sur le corps le suc de l'arbre entraîné par la pluie, lequel a produit son action caustique en particulier sur les paupières et les yeux. — **M. M. Cavalié** a reconnu que la vésicule biliaire du *Torpedo galvani*, du *Galeus canis* et du *Scyllium catulus* reçoit ses artères directement de l'artère hépatique droite ou des ramifications intra-hépatiques de cette artère.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 10 *Novembre* 1903.

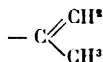
M. Ch. Garnier n'a pas trouvé de lipase dans le liquide céphalo-rachidien de l'homme, normal ou pathologique. — **M. L. Cuénot** montre qu'il est tout à fait probable que les jumeaux multiples des Tatous proviennent de la segmentation d'un seul œuf fécondé et qu'il en est sans doute de même pour les vrais jumeaux de l'Homme. — **MM. A. Weber** et **A. Buvignier** ont observé l'absence d'ébauche pancréatique ventrale gauche chez un embryon de Poulet. — Les mêmes auteurs ont reconnu que, chez le Poulet, les poumons tirent bien leur origine de deux bourgeons pairs et bilatéraux; mais ces bourgeons sont plus rapprochés de la ligne médiane ventrale que chez le Canard. — Enfin, **MM. Weber** et **Buvignier** ont constaté que le changement de position de l'ébauche des poumons chez les Vertébrés supérieurs marche de pair avec la disparition partielle ou totale de la crête et de la gouttière hypocordale de l'intestin céphalique. — **MM. P. Bouin** et **P. Ancel** montrent que les cellules interstitielles du testicule des Mammifères offrent tous les caractères de cellules glandulaires; cette glande possède une sécrétion interne. — **M. P. Ancel** donne de nouveaux arguments en faveur de l'origine ectodermique des glandes cutanées des Batraciens. — **M. R. Maire** a observé que l'évolution nucléaire des Ascomycètes est semblable à celle des Basidiomycètes, avec la différence qu'il y a, chez eux, prédominance du tronçon à noyaux, tandis que, chez les Basidiomycètes, c'est le tronçon à synkarions qui prend le dessus. — **M. Th. Guilloz** rappelle ses recherches sur la radioscopie des corps opaques aux rayons X introduits dans l'intestin.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

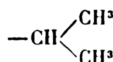
Séance du 13 *Novembre* 1903.

M. H. Moissan décrit ses recherches sur l'influence catalytique de l'eau dans les réactions chimiques et fait quelques expériences. — **M. L. Lindet** a étudié la composition chimique des pains trouvés à Pompéi, dans les stations lacustres, dans une station romaine et enfin dans les tombes égyptiennes. — **M. L. Lindet** montre que, dans les expériences relatives à l'inversion du sucre dans l'eau distillée, à 100°, il faut tenir compte de l'alcalinité du verre, qui ralentit ou arrête même cette inversion. Les sels neutres ne modifient pas la marche de l'inversion. Certains métaux (Pb, Sn, Cu, etc.) l'activent; d'autres (Zn, Fe, etc.) la ralentissent. Mais, là encore, il faut tenir compte de l'action de l'eau sur les métaux qui donnent des oxydes, peut-être colloïdaux, acides ou alcalins, qui exaltent ou modèrent la catalyse. — **M. L. Maquenne** a vérifié l'exactitude de la formule cétonique attribuée à l'isoglucosamine de Fischer en l'hydrogénant par l'amalgame de sodium : il se forme un mélange de mannamine et de glucamine. Le même auteur rend compte de ses premières recherches sur la rétrogradation de l'empois d'amidon : ce phénomène est fortement influencé par la température et est sensiblement accéléré par la présence de très faibles quantités d'acides minéraux. — **MM. Ch. Moureu** et **M. Brachin** ont obtenu des pyrazols en faisant réagir l'hydrazine ou ses dérivés sur les acétones acétyléniques, et des isoxazols en traitant les mêmes acétones par l'hydroxylamine. — M. Moureu présente une note de **M. Debourdeaux** sur un nouveau procédé de dosage volumétrique de l'azote nitrique. — **M. L. Bouveault**, en traitant un dérivé halogéno-organo-magnésien MgRCl par une formiamide disubstituée HCO. AzR'R", telle que la diméthyl- et la diéthylformiamide, la pipéridylformiamide, la méthyl- et l'éthylformanilide, a obtenu un produit de condensation que l'acide sulfurique dédouble en l'amine secondaire correspondante AzHR'R" et une aldéhyde RCHO. Cette méthode permet donc, en définitive, de remplacer, dans un éther halogéné, l'atome d'halogène par le groupement CHO. Elle semble très générale, car elle a donné de bons résultats dans l'application à des éthers halogénés très variés, tels que le chlorure d'isobutyle, le bromure d'isoamyle, le chlorocyclohexane, le bromure de phényle et le chlorure de benzyle. — M. l'abbé **Hamonet** expose les résultats qu'il a consignés dans son pli cacheté du 24 juillet dernier. Par l'action de HBr sur la

diamyline du butanediol 1 : 4, il a obtenu la bromo-amyline 1 : 4, $C^5H^{10}O(CH^2)Br$, liquide bouillant à 114-115° sous 16 millimètres. Il a des raisons de penser que cette réaction pourra être appliquée à d'autres diéthers oxydes et donnera une série de composés dissymétriques précieux pour les synthèses. Cette bromoamyline peut former un composé magnésien éthéré $C^5H^{11}O(CH^2)MgBr$, sur lequel agit très bien l'iodoamyline méthylénique $ICH^2OC^5H^{11}$; par là a été obtenue la diamyline 1 : 5 du pentane, liquide bouillant à 158-160° sous 18 millimètres. Un essai de l'action de $ICH^2OC^5H^{11}$ sur CH^3CH^2MgI avait donné l'éther propylamylique. — MM. **Béhal** et **Tiffeneau** communiquent quelques-uns des résultats obtenus par eux dans l'hydrogénation des éthers phénoliques à chaîne



en dérivés à chaîne isopropylique



par l'emploi du sodium et de l'alcool absolu. Le *pseudo-anéthol* déjà décrit est réduit en para-isopropylanisol (Eb. 210-212°) avec des rendements de 80 °/₀; par déméthylation de ce dernier on obtient le para-isopropylphénol (Eb. 227°-228°, F. 57-58°). Le *para-éthoxy-pseudo-propénylbenzène* $C^2H^5O - C^6H^4 - C(CH^3) = CH^2$ (Eb. 232°, F. 27°, dimère fusible à 74°) fournit, dans ces mêmes conditions, l'isopropylphénétol (Eb. 220°, $d = 0{,}946$). L'*isopropylvératrol* (Eb. 232-236°) est obtenu également dans de bonnes conditions par hydrogénation du pseudo-méthyleugénol (F. 36°, Eb. 250-252°). La présence d'une fonction du phénol libre empêche la réaction.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

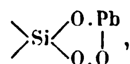
Séance du 13 *Novembre* 1903.

Sir **Oliver Lodge** rappelle qu'en faisant passer une décharge électrique entre deux plaques opposées situées dans une chambre pleine de fumée, les particules de fumée se condensent sur les parois ou tombent au fond. Lorsque la fumée est remplacée par de la vapeur d'eau, il se produit une petite pluie. L'auteur a pensé qu'on pourrait de la même façon disperser le brouillard par des décharges électriques. A Liverpool, il a érigé un mât terminé par un faisceau de pointes auxquelles on envoyait l'électricité produite par une machine de Wimshurst; il est parvenu ainsi à maintenir dans un brouillard dense un espace clair dans un rayon de 25 à 30 mètres autour du mât. L'auteur se proposait de faire l'expérience sur une plus grande échelle, entre les deux rives de la Mersey, en produisant des décharges positives d'un côté, négatives de l'autre; mais il y a des difficultés à produire l'électricité nécessaire, les dynamos devant avoir un potentiel suffisamment élevé. — Sir **Oliver Lodge** décrit ensuite un dispositif pour la commande hydraulique des pompes à mercure.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 *Novembre* 1903.

M. **W. T. Cooke** a soumis à la réduction l'acide hydrazoïque Az^3H au moyen des agents suivants : amalgame de Na, Zn et H^2SO^4 ou HCl, polysulfures de Na, hydrate ferreux. Il n'a pu observer la formation d'un hydrure Az^3H^3, analogue à B^3H^3. On obtient surtout de l'ammoniaque et de l'hydrazine, formés peut-être par décomposition de Az^3H^3. — MM. **A. E. Dunstan** et **W. H. C. Jemmett** ont étudié au point de vue de la viscosité trois mélanges de liquides. Pour le mélange d'acétate d'éthyle et de benzène, composé de deux liquides mono-moléculaires non associés, la viscosité est une propriété additive, représentée par une ligne presque droite. Pour le mélange d'alcool éthylique et de benzène, où l'alcool est un liquide associé, il y a un minimum de viscosité pour 6 % d'alcool. Pour le mélange d'alcool éthylique et d'eau, où les deux liquides sont associés, il y a un maximum pour environ deux molécules d'eau et une d'alcool. — M. **J. Mc Lachlan** a observé qu'en ajoutant une solution concentrée d'acide sulfurique à une solution d'iodure de potassium, une grande quantité d'iode est mise en liberté, même sans addition de H^2O^2; ce fait serait dû à la présence d'oxygène dissous. La détermination de l'oxygène utilisable dans une solution de H^2O^2 par une solution acide de permanganate donne des résultats tout à fait erronés. — **M. C. Simmonds** rappelle que les silicates de plomb et de cuivre, chauffés au rouge dans l'hydrogène, sont réduits et perdent un atome d'O par atome de Pb ou de Cu. La formule ordinaire ne rend pas bien compte de ce résultat; la formule suivante :



où un atome d'oxygène est attaché au métal d'une manière différente des autres, explique mieux la possibilité de cette réduction. — MM. **H.-A.-D. Jowett** et **C.-E. Potter** concluent de leurs recherches que l'acide chrysophanique est bien la 5 : 8-dihydroxy-1-méthylanthraquinone, comme l'avait indiqué Hesse, et que l'émodine est la 2 : 5 : 8 ou 3 : 5 : 8-trihydroxy-1-méthylanthraquinone. — MM. **B.-D. Steele** et **D. Mc Intosh** ont étudié la conductibilité de certains sels dissous dans divers gaz liquéfiés : HCl, HBr, HI, H^2S et H^3P. Dans HCl liquide, NaCl, KI, $FeCl^3$ et l'eau ne conduisent pas du tout; le permanganate de K, l'oxalate d'Am et AzH^4Cl diminuent légèrement la résistance; KCAz et quelques sels haloïdes des amines donnent des solutions très conductrices. — MM. **C.-H. Burgess** et **A. Holt jr.** ont étudié l'action de l'anhydride borique fondu sur plusieurs oxydes métalliques. Ceux de Li, Na, K, Cs, Rb et Tl se dissolvent en toutes proportions jusqu'à saturation en donnant des verres clairs. Ceux de Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Mg, Mn, Pb et Bi sont insolubles en petites quantités; ils se dissolvent en plus grandes quantités en donnant des verres clairs; une nouvelle quantité d'oxyde rend le verre opaque. Les oxydes qui colorent le borax sont insolubles. — M. **B.-D. Steele** a constaté que le tétrachlorure de vanadium attaque le benzène en donnant du chlorobenzène; il est réduit lui-même en trichlorure, qui forme avec le benzène un composé d'addition $VCl^3(C^6H^6)^2$. — M. **P.-W. Robertson** a déterminé le degré d'association des acides gras et de leurs dérivés en solution phénolique. Ce coefficient atteint un minimum pour l'acide hexanoïque, puis augmente rapidement. Il est influencé par la nature et la position des groupes substituants. — M. **B.-C. Burt** a déterminé la tension de vapeur de l'acide sulfurique pour des concentrations allant de 54,70 à 79,57 °/₀ et à des températures de 131° et de 157°. — MM. **H. Hibbert** et **J.-J. Sudborough** ont préparé des composés d'addition du trinitrobenzène symétrique avec diverses arylamines alkylées. Ce sont des composés stables, cristallisés, rouges ou d'un pourpre noir, complètement dissociés en solutions diluées. — M. **J. Mc Crae** a étudié l'action du chlorate de potasse sur l'iodure de potassium, qui doit donner naissance à de l'iode libre, et la vitesse de la réaction. Cette dernière dépend de la concentration des ions H; aussi, en solution neutre, il n'y a pas de réaction à la température ordinaire; en présence d'un acide, la réaction commence au bout de quelques minutes; il ne paraît pas s'établir un équilibre défini. — M. **A.-W. Crossley** a reconnu que le corps obtenu par action de PCl^5 sur la triméthyldihydrorésorcine n'est pas un dihydrobenzène, mais le trichlorodiméthylbenzène. — MM. **H.-O. Jones** et **F.-W. Carpenter** dosent l'hydroxylamine en réduisant par elle une solution de carbonate ou de tartrate de cuivre et

de potassium, dissolvant l'oxyde cuivreux précipité par une solution de sulfate ferrique dans une atmosphère de CO^2 et titrant le sel ferreux formé par le permanganate. — **M. H.-O. Jones** a cherché à préparer les isomères des composés ammonium quaternaires du type AzR'R''R'''X², qui sont théoriquement possibles. En opérant la cristallisation fractionnée des *d* ou *l*-camphosulfonates de ces bases, on n'a obtenu aucune résolution. — **MM. P.-F. Frankland** et **A. Slator** ont étudié l'influence de divers substituants sur l'activité optique de la tartramide. Tous les dérivés préparés sont dextrogyres. La rotation moléculaire est considérablement augmentée par l'introduction des groupes méthyle, éthyle, benzyle et naphtyle. — **MM. P.-F. Frankland** et **E. Ormerod** ont étudié l'influence des radicaux cycliques sur l'activité optique de la tartramide. — **M. J. Mc Crae** a déterminé les pouvoirs rotatoires de la maldiamide (—45°2), de la maldi-*n*-propylamide (–47°) et de la maldibenzylamide (—20°2) dans l'acide acétique. — **M. E.-G. Clayton** a fait de nouvelles expériences sur le sesquisulfure de phosphore. Le produit commercial de bonne qualité ne subit que peu d'altération à l'air un peu sec dans un vase bien clos; mais il s'oxyde d'une façon appréciable à l'air humide ou dans des vases ouverts; l'oxydation est très rapide dans l'air saturé d'humidité.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 16 Octobre 1903

MM. W. Jæger et H. von Steinwehr présentent une intéressante étude sur l'augmentation de précision qu'on obtient dans les mesures calorimétriques en remplaçant les thermomètres à mercure par des thermomètres de platine. Dans une note antérieure présentée à la Société[1], les auteurs avaient rendu compte de la détermination de la « valeur en eau » d'un calorimètre à combustion de Berthelot en unités électriques; la limite de précision de 1 à 2 °/₀₀ propre aux thermomètres à mercure a été poussée jusqu'à environ 2 °°/₀₀ dans le présent travail. Alors que, en effet, les thermomètres à mercure présentent toujours des erreurs de calibration, impossibles à évaluer et à interpoler assez exactement pour mesurer avec précision un intervalle de températures limité, les thermomètres de platine sont exempts de ces irrégularités des courbes de température. Or, comme la loi des refroidissements de Newton ne peut servir que dans le cas des petits intervalles de température à déterminer l'échange de chaleur avec le milieu ambiant et que, d'autre part, il convient d'opérer sur des quantités d'eau relativement grandes, il fallait abandonner le thermomètre à mercure et s'adresser à un dispositif comprenant un fil de platine d'environ 0,01 millimètre carré de section et de 30 centimètres de longueur, renfermé dans un tube de verre d'environ 1,5 millimètre de diamètre, et dont les extrémités sont soudées chacune à un fil de cuivre isolé. L'échauffement de ce thermomètre par le passage d'un courant électrique a été évalué au moyen de mesures de résistance; pour une intensité du courant de mesure égale à 0,01 ampère, les auteurs ont observé une augmentation permanente de 0,002° de la température du thermomètre, augmentation qui s'ajoute comme constante aux températures initiale et finale et qui disparaît dans leur différence. L'inertie de ce thermomètre s'est montrée tout à fait négligeable; sa valeur en eau, très petite en raison de sa masse peu considérable, est inférieure à 1 calorie-gramme. Ce thermomètre a été gradué en déterminant directement la distance fondamentale de 0 à 100° dans la glace fondante et la vapeur d'eau et en évaluant la courbure de la courbe des résistances par des comparaisons avec des thermomètres à mercure bien calibrés. Les mesures jusqu'ici faites avec cet instrument ont pour objet d'évaluer la calorie en unités électriques à quelques dix-millièmes près. Comme la précision du nouveau thermomètre est presque dix fois plus grande que celle des thermomètres ordinaires, les auteurs espèrent pousser ces mesures jusqu'aux limites de précision mêmes des unités électriques pratiques.

Séance du 30 Octobre 1903.

M. H. Starke a étudié l'allure des potentiels dans la conduction de l'électricité à travers les gaz, en se bornant aux cas où l'ionisation est indépendante du courant traversant le gaz et où le frottement du gaz est suffisant à rendre la vitesse des ions toujours proportionnelle à l'intensité du champ électrique, où notamment il y a conduction *secondaire* (*unselbstständige Leitung*) (c'est-à-dire due à quelque agent extérieur, tel que, par exemple, les rayons ionisateurs, les accroissements de température, etc.) à des pressions supérieures à une certaine limite. Voici les principaux résultats de ces recherches : La chute des potentiels présente un minimum entre les électrodes dans le cas d'ionisation *volumétrique uniforme* (électrodes au sein de l'air röntgenisé ou bien dans les gaz surmontant une flamme). Cette chute des potentiels, au lieu de présenter un minimum pareil, décroît ou s'accroît d'une électrode à l'autre dans tous les cas d'ionisation *superficielle* (courants photoélectriques, courants entre électrodes incandescentes, ionisation au voisinage d'une électrode par les rayons de Röntgen, de Becquerel ou les flammes). Dans la conduction au sein d'une flamme, l'anode se montre sans influence. La conduction dans les flammes, dans le cas d'électrodes non incandescentes et même dans celui d'une anode incandescente, est produite par une ionisation volumétrique, l'allure remarquable de la chute des potentiels étant due à la mobilité des ions négatifs qui l'emporte de beaucoup sur celle des ions positifs. Dans le cas d'une anode incandescente, l'ionisation superficielle vient s'ajouter à ces phénomènes. — **M. H. Starke** présente également une Note sur la conduction unipolaire au sein des gaz. Ce phénomène consiste en ce que l'intensité du courant traversant un conducteur dépend du sens de ce dernier. Une telle unipolarité s'observe, par exemple, dans la conduction au sein des flammes aussi bien que sur les corps incandescents. Dans ces derniers temps, on a observé des différences polaires de la conduction, différences bien plus faibles, à la vérité, au sein des gaz rendus conducteurs sous l'action des rayons de Röntgen ou de Becquerel, aussi bien qu'aux environs d'une flamme. Or, l'auteur fait remarquer que, dans l'immense majorité des cas, la conduction de l'électricité dans les gaz présente le caractère unipolaire, les cas opposés étant tout à fait exceptionnels. Voici la classification que donne l'auteur des cas où se produit cet intéressant phénomène : 1° L'unipolarité est due à la diversité de la production des ions selon le sens du champ; cette classe comprend les cas où les ions positifs ou négatifs sont libérés à la surface même d'une électrode qui, selon les cas, sera ou anode ou bien cathode; 2° Le second groupe comprend le reste des cas de conduction unipolaire, où cette dernière est due aux différences de mobilité des ions positifs et négatifs. Il faut cependant qu'à cette asymétrie s'ajoute une dissymétrie des conditions extérieures de l'expérience, dissymétrie qui peut être due, soit à un manque de symétrie de l'ionisation, se produisant exclusivement ou de préférence sur une électrode seulement, soit aux différences de grandeur ou d'état des électrodes. L'auteur discute avec plus de détails ces différents cas et en cite quelques exemples.

ALFRED GRADENWITZ

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Communications reçues pendant les vacances (Juillet-Octobre 1903).

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. Pascal**, se reportant aux considérations développées dans ses Notes précédentes, étudie l'extension des problèmes de réduction

[1] *Revue* du 15 mars 1903, t. XIV, p. 292.

de Pfaff, de Grassmann et de Jacobi. — M. **Giambelli** établit l'ordre de la variété représentée en annulant tous les mineurs d'un ordre donné, extraits d'une matrice donnée de formes; pour l'application géométrique des formules qu'il donne, M. Giambelli renvoie à un travail qu'il publiera dans les *Mémoires de l'Académie de Turin*. — M. **Severi** s'occupe de l'insuffisance de la série caractéristique d'un système linéaire de courbes appartenant à une surface algébrique, et il arrive à donner une démonstration plus simple du théorème de Castelnuovo, qui sert à établir entièrement celui de Riemann-Roch pour les surfaces. — M. **Severini** résout une question relative aux séries de fonctions analytiques. — M. **Riccò** présente à l'Académie les photographies exécutées par lui et par M. **Mascari** de la comète 1903 *c*, et il résume les observations physiques de l'astre et les particularités que les photographies, malgré leur délicatesse, permettent de relever.

2° Sciences physiques. — M. **Sella**, qui, dans une Note précédente, avait donné la description d'un phénomène qui démontre la sensibilité du fer aux ondulations électriques dans l'hystérèse magnéto-élastique, ajoute des détails sur la disposition qu'il a imaginée pour rendre susceptible de mesure, à l'aide d'une méthode magnétométrique, les variations dans l'état magnétique du fer. — M. **Pochettino** présente les résultats de ses recherches sur la marche de l'intensité de la lumière solaire dans sa partie la plus réfrangible, telle que nous la recevons dans les couches inférieures de l'atmosphère; ces recherches ont été exécutées pendant les mois d'août et de septembre, à l'aide de mesures faites lorsque le Soleil était à différentes hauteurs sur l'horizon, ou en variant la hauteur du lieu d'observation au-dessus du niveau de la mer. M. Pochettino se servait d'un appareil photométrique formé par des piles photoélectriques au potassium. Le tracé graphique correspondant aux mesures montre que: 1° le maximum d'intensité s'observe à midi; 2° les valeurs de l'après-midi sont presque égales aux valeurs symétriques du matin; 3° à deux heures de l'après-midi, il y a une diminution sensible d'intensité, mais moindre que celle observée par Roscoe et Thorpe. — M. **Magini** a exécuté d'autres recherches sur l'influence que les différences de conformation des composés isomères du carbone manifestent sur les phénomènes d'absorption. Il étudie les spectres ultra-violets des asparagines, des acides tartrique, maléique et formique, et il trouve que la configuration de la molécule a une influence décisive sur les propriétés d'absorption des composés. — MM. **Balbiano** et **Paolucci**, en poursuivant leurs travaux sur l'oxydation à l'aide de l'acétate mercurique, se trouvent aujourd'hui en état de compléter leurs recherches sur le composé $C^{10}H^{16}O^{2}$ qu'ils avaient obtenu du *s*-pinène. Les dernières expériences conduisent au résultat que ce composé, soumis à l'ébullition avec de l'acide sulfurique dilué, donne naissance presque intégralement au carvacrol $C^{10}H^{14}O$. — M. **Pellini** décrit la manière d'opérer pour exécuter par électrolyse la détermination quantitative du tellure; les meilleurs résultats s'obtiennent en soumettant à l'électrolyse une solution d'anhydride tellureux dans l'acide chlorhydrique, en présence de sels organiques, et particulièrement en présence du tartrate acide ammonique. Il faut maintenir le dépôt métallique de tellure qui se forme hors de l'action de l'oxygène, et faire, avec une grande délicatesse, le lavage du dépôt avec de l'eau bouillie et refroidie dans un courant d'acide carbonique. — M. **Ulpiani**, rappelant que Sestini et Gérard avaient déjà réussi à obtenir dans les solutions d'acide urique, dans des conditions particulières, une fermentation spéciale, annonce qu'il est parvenu à isoler l'organisme qui produit cette fermentation, et il en décrit les caractères morphologiques et culturaux. Le microorganisme est un cocco-bactère avec capsule, qui se rapetisse en vieillissant; il est mobile et se colore très bien avec la fuchsine et avec le violet de gentiane. On peut en faire des cultures en milieux différents; il commence à se développer à 29°, a son optimum à 39°, et ne se développe plus à 50°. — MM. **Ulpiani** et **Ciamarelli** décrivent la préparation des thio-acides aromatiques et celle de leurs anhydrides. — MM. **Bruni** et **Padoa** étudient les relations qui existent entre les propriétés de quelques corps employés comme solvants cryoscopiques et leurs constantes de cristallisation. — MM. **Vanzetti** et **Coppadoro** ont effectué la synthèse électrolytique de l'acide glutarique; ils donnent des détails sur la disposition qu'ils ont adoptée et sur les résultats obtenus. — MM. **Padoa** et **Tibaldi** étudient les phénomènes présentés par la formation de cristaux mixtes de chlorure et de iodure mercuriques dans la production de solutions solides par sublimation. — M. **Zampetti** s'occupe de la biréfringence électrostatique des mélanges liquides. — M. **Galeotti**: Sur la diffusion des électrolytes dans les corps colloïdes. — M. **Bertolo** étudie l'action de l'acide chlorhydrique concentré sur l'artémisine; cette action donne naissance à une substance qui, par ses propriétés et par sa composition, paraît bien différente des acides qui dérivent de la santonine. — M. **Francesconi** ajoute à ses Notes précédentes les résultats de nouvelles réactions qu'il a obtenues dans ses expériences sur la paracarbonide et sur l'acide parasantonique.

3° Sciences naturelles. — M. **Martelli**, pendant une excursion dans la région sud-orientale du Monténégro, a reconnu que le *flysch* éocène prend dans cette région un développement considérable. M. Martelli a encore visité le village de Boljevici, et a trouvé que le calcaire rouge à Céphalopodes doit être rapporté à la partie la plus élevée du Muschelkalk inférieur. — M. **De Angelis d'Ossat** donne la description d'un appareil qu'il a imaginé pour étudier la résistance spécifique des roches et des terrains agricoles. Un cube de la roche à examiner est serré entre deux plaques en bois très dur, en interposant entre les faces du cube et le bois plusieurs feuilles d'étain qui portent les bornes du courant électrique. L'appareil est placé sur un bloc de paraffine; la résistance au passage du courant est mesurée à l'aide d'un galvanomètre Thomson. Les expériences ont démontré que les roches volcaniques présentent une résistance moindre que les roches calcaires. — M. **Agazzotti** a observé que, chez les cobayes, chaque sensation auditive est suivie d'un mouvement réflexe du pavillon de l'oreille; ces mouvements, qui s'observent quelquefois chez l'homme et les autres animaux, sont, chez les cobayes, de vrais mouvements réflexes et constants. M. Agazzotti a fait, à l'Institut physiologique de Turin, des recherches nombreuses sur les particularités de ces mouvements en modifiant la qualité et la fréquence des excitations; il a porté ses observations sur l'influence déprimante que l'air raréfié manifeste sur les mouvements réflexes, influence qui se montre proportionnelle au temps de son action et au degré de raréfaction. La diminution de l'oxygène, sans changements dans la pression barométrique, donne naissance à un affaiblissement plus rapide des réflexes de l'oreille externe. M. Agazzotti, enfin, a constaté sur lui-même, en se plaçant dans la grande cloche pneumatique de l'Institut, que, dans l'air raréfié, la sensibilité auditive devient moindre.

L'Académie, dans ses dernières élections, a nommé Associés étrangers MM. **H. Becquerel** et **Th. Schloesing**, de l'Institut de France.

Ernesto Mancini.

Le Directeur-Gérant: Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur 1, rue Cassette.

14e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1903

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, Docteur ès sciences.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Attribution du prix Nobel à M. Henri Becquerel et à M. et Mme Curie. — Le dernier numéro de la *Revue* était sous presse lorsque devint officielle l'attribution du prix Nobel pour les Sciences physiques à nos illustres compatriotes M. Henri Becquerel et M. et Mme Curie.

C'est à juste titre que l'opinion publique, en France, a accueilli cette nouvelle comme celle d'un triomphe national. Nos lecteurs, que, depuis plusieurs années, nous avons constamment tenus au courant du progrès des recherches de M. H. Becquerel sur la radio-activité de l'Uranium et de M. et Mme Curie sur le Polonium et le Radium, savent l'immense effort, la patience et le génie qu'il a fallu déployer pour dépister les troublants phénomènes dont l'Académie de Stockholm vient de récompenser la conquête; et c'est avec un intérêt passionné qu'ils ont suivi, d'étape en étape, cette succession en quelque sorte régulière de découvertes qui aboutissent aujourd'hui à une véritable rénovation de la Physique. Nous croyons répondre à leur désir en leur présentant, à l'occasion de l'éclatant hommage rendu à nos savants, la synthèse des travaux jusqu'à présent effectués sur le Radium. Cette étude paraîtra dans le prochain numéro de la *Revue*.

§ 2. — Nécrologie

Robert Thurston. — Le Professeur Robert Thurston, mort subitement le 26 octobre 1903, atteignait ce jour-là le 64e anniversaire de sa naissance : il était né, en effet, le 26 octobre 1839 à Providence (Rhode Island). Son père était fondateur et directeur des usines Thurston, Gardner and C°. Après avoir suivi les cours de l'Université Brown, le jeune Thurston fut attaché à l'établissement paternel et y apprit successivement les métiers de mouleur, mécanicien, dessinateur, etc.; appelé ensuite à servir dans la Marine de l'Etat, il put étudier de près, pendant la guerre civile, le fort et le faible des machines marines; ainsi que le fait remarquer l'*Engineering* dans son article nécrologique, l'occasion était bonne pour recueillir un enseignement pratique de premier ordre : car ces machines, fortement surmenées, et souvent avariées, obligeaient les mécaniciens à déployer toutes les ressources de leur art.

En 1866, Thurston, désireux de se consacrer désormais aux recherches scientifiques, quitta sa position de mécanicien de la Marine pour celle de professeur de « Philosophie naturelle et expérimentale » à Annapolis. En 1871, il devenait professeur du cours de Machines à l'Ecole technologique de Hoboken, appelée Institut Stevens, du nom de son fondateur. En 1885, il fut nommé directeur du Sibley College, dépendant de l'Université Cornell (Ithaca). C'est là qu'il finit sa carrière, après y avoir développé l'enseignement technique avec tant de succès qu'il vit le nombre des élèves s'élever progressivement d'une soixantaine à un millier.

Thurston a beaucoup publié. Il est l'auteur d'une vingtaine de volumes et de plus de trois cents mémoires ou articles divers. La *Revue générale des Sciences* a rendu compte de plusieurs de ses ouvrages. On trouvera, dans les volumes de 1890, 1891 et 1893, l'analyse des publications suivantes : « Reflections on the motive power of heat »; — « Théorie expérimentale et analytique de Hirn et Dwelshauvers-Dery sur la machine à vapeur »; — « The problem of air navigation »; — « A handbook of engine and boiler trials »; — « On the permanent effects of strain in metals »; — « A practical method for reducing the internal wastes of the steam engine »; — « Reducing internal wastes of the engine »; — « A manual of the steam engine for engineers and practical school »; — « Traité de la machine à vapeur, traduit par Maurice Demoulin ». — L'histoire de la machine à vapeur, par Thurston, est devenue, à bon droit, classique; elle a été traduite en français par Hirsch. Son « Manuel pratique des essais de machines et chaudières à vapeur » a été traduit par M. Roussel (Voir la *Revue générale des Sciences* de 1894).

On doit à Thurston un type de régulateur, un appareil pour l'essai des huiles, une lampe à magnésium, etc., etc. Mais ce qu'il faut surtout retenir à son actif, c'est l'organisation successive des laboratoires de Mécanique de l'Institut Stevens et du Sibley College, et les recherches expérimentales exécu-

tées ou inspirées par lui dans ces deux établissements.

Au Laboratoire Stevens, Thurston dirigea une longue suite d'études sur les propriétés des alliages cuivre-étain-zinc, puis sur les graisses. Le Laboratoire de Sibley College est actuellement le plus important des Etats-Unis. Il peut recevoir 350 élèves. La valeur totale des appareils et des machines est d'environ 450.000 francs, dont la moitié donnée par des industriels. Ce laboratoire a fait l'objet d'une lettre de Thurston à M. Dwelshauvers-Dery, qui a été publiée, en 1891, dans la *Revue générale des Sciences*.

En 1900, Thurston avait adressé au Congrès de Mécanique appliquée, à Paris, un important travail sur le laboratoire moderne et son évolution actuelle en Amérique. J'en extrais le passage suivant, qui résume à merveille les idées de l'éminent ingénieur :

« En général, plus on peut restreindre le sujet de ses recherches, mieux cela vaut : on doit, en dernière analyse, si l'on veut aboutir à un résultat rémunérateur, se restreindre à une ou deux questions parfaitement précisées. Par exemple, si l'on voulait étudier l'action du froid sur les rails et les pièces de machines : sujet simple en apparence, mais en réalité complexe et obscur, il faudrait étudier cette action sur le fer pur, le fer avec carbone combiné (acier) ou mélangé, le fer et l'acier contenant du soufre, du phosphore, des scories, de la silice ou des mélanges de toutes ces impuretés dans les proportions usuelles, puis l'effet des variations de température sur la densité de ces métaux et comment les basses températures affectent la résistance des métaux, principalement aux chocs, à la fois par la modification des forces moléculaires et de la densité. Puis, ayant déterminé les effets de ces causes une à une, il faudrait déterminer celui de leur résultante, le formuler mathématiquement si possible, ce qui serait extrêmement difficile et exigerait la collaboration active, intelligente et persévérante de chimistes, de physiciens et de mécaniciens ».

Thurston insiste ensuite sur la nécessité de bien connaître l'histoire de son sujet et de bien établir le plan des recherches. Il faut, en outre, savoir classer, rédiger, discuter ses observations. « Si toutes ces conditions sont bien remplies, l'on a toutes chances d'aboutir à des résultats d'une utilité générale, compensant largement les peines et les dépenses qu'on leur a consacrées, sans compter le bénéfice considérable que l'expérimentateur retire, pour sa formation personnelle, de travaux ainsi poursuivis avec une méthode rigoureusement scientifique ».

Nul, plus que Thurston, n'était autorisé par ses travaux à formuler ces utiles conseils.

L. Lecornu,
Ingénieur en chef des Mines.

§ 3. — Mathématiques

Le volume mixte de M. Minkowski. — M. Minkowski a publié récemment (*Math. Annalen*, t. LVII, p. 447 et suiv.) les recherches qu'il avait résumées précédemment dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, et qui sont caractérisées par l'introduction d'une nouvelle intégrale très remarquable, le *volume mixte*, analogue au volume ordinaire, mais relative à *trois* surfaces (celles-ci étant supposées limiter des corps convexes). En remplaçant une ou deux de ces surfaces par des sphères, on est conduit à l'aire et à la courbure des surfaces, qui sont ainsi envisagées sous un point de vue tout nouveau. En particulier, on a ainsi une démonstration nouvelle et entièrement rigoureuse (on sait qu'une telle démonstration n'est point aisée à obtenir) du théorème bien connu sur la propriété de minimum qui appartient à la sphère; en même temps, on arrive à cette conclusion remarquable : une surface *fermée* est déterminée (à une translation près) lorsqu'on donne la courbure totale en fonction de la direction du plan tangent.

§ 4. — Astronomie

Les trajectoires des étoiles filantes. — L'Astronomie météorique est, sans contredit, et restera sans doute encore longtemps le sujet d'études le plus complètement à la portée de ceux que, dans une remarquable Notice de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1903, M. Radau appelait si heureusement les *Volontaires de la Science*. Et, parmi les questions si variées et si multiples qu'elle soulève, la détermination des trajectoires réelles des étoiles filantes est une des plus captivantes et peut conduire à des résultats de la plus haute importance théorique.

Si, cependant, cette question semble quelque peu délaissée en France, cela tient peut-être à la pauvreté de notre littérature scientifique sur ce sujet et à la difficulté de se procurer les formules de réduction, sans avoir à se livrer soi-même à un travail préliminaire assez long et de médiocre intérêt.

La *Société astronomique de France* a cru devoir, une fois de plus, mettre un instrument commode et immédiat à la disposition de tous; déjà, ici même, nous avons eu à louer hautement la documentation de la « Commission solaire » de cette Société : nous adresserons aujourd'hui les mêmes remerciements à la « Commission des étoiles filantes ». Son président, M. O. Callandreau, a nettement formulé le programme de vulgarisation pratique vers lequel devaient converger les efforts de tous, et, ayant eu à discuter des observations simultanées de météores, M. H. Chrétien expose très clairement à tous ses collègues (*Bulletin*, p. 323, 1903) la méthode simple de réduction qu'il a employée, afin de les encourager aux investigations astronomiques collectives et systématiques.

Les formules générales de réduction, dues à Klinkerfues, ont été vérifiées et modifiées sur certains points par Scheeberle; elles sont rigoureuses, il est vrai, mais d'une précision illusoire, et il conviendra de les employer le jour, seulement, où l'on se trouvera en possession de 5 observations très précises : par exemple, si la photographie permet d'enregistrer automatiquement les trajectoires. C'est pourquoi M. Chrétien indique une méthode plus simple, plus rapide, dont l'emploi sera généralisé dans les cas ordinaires, comme il le faut souhaiter.

A ce propos, nous ne manquerons pas de faire remarquer que, si les étoiles filantes ont donné lieu à d'importants travaux et à des statistiques essentielles à l'Étranger, les bolides, eux, à diamètre apparent sensible, n'ont pas été étudiés systématiquement. Cependant, les observations de bolides sont généralement surabondantes : il serait fort désirable que quelqu'un reprît l'étude des bolides, comme le fit Gruey d'une façon si compétente pour l'un d'eux. La classification des trajectoires ne manquerait pas de fournir les plus intéressantes conclusions sur les anneaux météoriques.

§ 5. — Physique du Globe

Les sables sonores. — L'un des plus remarquables exemples de sables sonores est celui de l'île de Eigg, du groupe des Hébrides, et les recherches de A. Julien et de Bolton ont montré que ce phénomène se produit en diverses parties du Globe[1]. A Tor, au pied du Sinaï, les coulées de sable fin émettent parfois des sons de cloches et, au retour d'un voyage en Nubie, Lortet[2] vient d'en relater encore un exemple remarquable.

Le grand temple d'Abou-Simbel est séparé de son voisin, le petit temple dédié à la reine Nephestari, par une coulée de sable très fin descendant du plateau supérieur, haut d'environ 60 mètres au-dessus du niveau du Nil. Tous les rochers circonvoisins sont formés par le grès de Nubie manganésifère, d'un beau jaune d'or. Immédiatement au nord du petit temple, un autre

[1] *Ciel et Terre*, t. IX, p. 502; t. XI, p. 148.
[2] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1903.

ravin, rempli de sable très fin aussi, descend en entonnoir borné au Nord et au Sud par deux crêtes rocheuses. La pente en est extrêmement raide et peut être évaluée à 45°. Aussi, lorsqu'on y arrive par le plateau supérieur, on ne peut croire qu'il soit possible de descendre une déclivité pareille sans être précipité dans le fleuve, qui forme, au bas de la pente, des remous peu rassurants. Cette descente est cependant possible, pour peu que l'on sache garder l'équilibre, grâce à la fluidité du sable. On enfonce à mi-jambes; mais, à chaque pas fait en avant, on voit couler autour de soi une épaisse couche de sable formant une zone mobile presque circulaire.

Lorsqu'on est arrivé ainsi à mi-chemin entre la crête inférieure et le Nil, on entend petit à petit un ronflement sonore se produire sous les pieds, dans la masse sableuse mise en mouvement, bruit d'un train éloigné ou ronflement d'une dynamo, tandis que les pieds et les jambes sont l'objet d'une légère trépidation.

Le son émis par le sable persiste pendant plusieurs minutes, quand bien même on reste immobile.

Voilà un intéressant phénomène : est-il dû, si intense, à la répétition des chocs des grains de sable? aux échos de cavernes rocheuses sous-jacentes faisant résonateur? C'est ce que l'on ne sait pas encore exactement.

§ 6. — Physique

Le double renversement des raies spectrales. — Ce phénomène, qui consiste dans l'apparition d'une raie brillante et fine au centre d'une large raie noire renversée, se présente d'une façon persistante et très nette dans le spectre des facules du Soleil; parmi les spectroscopistes les plus autorisés, certains déclarent l'avoir vu et photographié souvent dans le laboratoire; d'autres ne l'ont presque jamais rencontré.

M. W. J. Humphreys[1], qui est au nombre de ces derniers, croit que le double renversement expérimental observé jusqu'ici doit être généralement considéré comme apparent et dû à des causes étrangères. Ainsi on obtient, d'une façon certaine, ce que M. Kayser a considéré comme le double renversement des raies D en brûlant simultanément dans un arc du sodium et du fer. Le double renversement disparaît avec le fer. Conclusion : La raie fine qu'on observe sur les clichés d'un spectre de réseau est la raie ultraviolette λ 2948,00 du fer (deuxième ordre), qui se superpose à D_1, λ 5896,16 (premier ordre). M. Humphreys vérifie, d'ailleurs, directement que les vapeurs de sodium qui produisent D_1 renversé n'absorbent pas sensiblement l'émission du fer, qui a une fréquence double. Inversement, la raie du baryum λ 5535,69 (premier ordre) n'est pas absorbée par la vapeur de thallium, qui émet la raie de fréquence sensiblement moitié moindre λ 2767,97.

Deux raies qui se superposent peuvent appartenir au même élément; ainsi la raie du fer λ 2966,99 (troisième ordre) contient dans son renversement la raie brillante λ 4450,44 (deuxième ordre).

M. Humphreys a observé également que, lorsque deux raies du fer extrêmement voisines (λ 2973,17 et 2973,41 par exemple) sont simultanément renversées, elles se trouvent séparées par une raie fine brillante; mais l'explication qu'il donne de cette apparence, qui simule un double renversement, ne semble pas définitive.

La reproduction du phénomène présenté par les facules et, très vraisemblablement, des conditions qui lui donnent naissance s'obtient en plaçant deux arcs en série de telle façon que la lumière qui provient du premier n'atteigne le spectroscope qu'après avoir traversé le second. On met une grande quantité de matière dans le premier arc, ce qui donne une raie renversée, et une petite quantité dans le second, ce qui superpose au centre de la raie renversée une raie brillante. Il y aurait donc dans les facules une source profonde, où les matières volatilisées seraient denses, et, au-dessus, un nuage léger et lumineux. Des conditions analogues ne peuvent évidemment se produire dans un arc que d'une façon exceptionnelle et très fugitive.

Enfin, des mesures précises montrent que la position de la raie brillante centrale obtenue dans le dispositif précédent est identique à celle de la raie observée directement, ce qui exclut toute influence de la quantité de matière sur la position d'une raie.

[1]. *The Astrophysical Journal*, Octobre 1903.

La phosphorescence des pierres. — Quelques intéressantes expériences sur l'excitation de la phosphorescence dans les pierres viennent, suivant une notice de *The Electrical Review* (6 novembre 1903), d'être exécutées en Amérique par MM. Kunz et Baskerville. Le radium employé dans ces expériences possédait une activité de 3.000. On a constaté que certains diamants présentent, sous l'influence du rayonnement, une intense phosphorescence, qui manque absolument dans d'autres échantillons. Les diamants phosphorescents gardent leur luminosité quelque temps après avoir été soustraits à l'influence du radium. Le silicate de zinc, dit « wilhelmite », montre une fluorescence et une phosphorescence marquées, la wollastonite une phosphorescence merveilleuse; la phosphorescence la plus brillante qu'on ait constatée a toutefois été présentée par la kunzite, pierre précieuse récemment découverte par M. Kunz sous la forme de grands cristaux en Californie. Cette pierre, appartenant à la famille des spaths fluors, est voisine de la spodumène. La phosphorescence de ce minéral est également excitée par les rayons Rœntgen, alors qu'en exposant la kunzite à un courant prolongé de rayons Rœntgen, on donne lieu à une radiation secondaire, capable d'affecter une plaque photographique à travers une couche de papier mince. En mélangeant du radium avec de la wilhelmite naturelle, réduite en poudre, l'activité du premier a été exaltée jusqu'à une valeur 100 fois et probablement même 1000 fois plus grande que la valeur originale. Ce n'est que dans quelque temps qu'on pourra dire si cet accroissement est permanent ou temporaire. Il est possible que la wilhelmite contienne quelque substance non encore identifiée et qui stimulerait l'activité du radium.

Les projections cinématographiques en relief. — Il manquait jusqu'ici au cinématographe ordinaire l'illusion de la profondeur qui fait le charme de la stéréoscopie. De nouveaux appareils, inventés par MM. W. Schmidt et Ch. Dupuis, viennent de réaliser ce desiderata en donnant aux projections cinématographiques le relief stéréoscopique.

Le procédé employé est la mise en pratique de la méthode indiquée déjà par le physicien d'Almeida : les deux éléments d'un cliché stéréoscopique sont, à l'aide d'un appareil spécial, projetés sur un même écran d'une façon alternative. Si l'on observait directement cette projection, elle apparaîtrait trépidante et sans relief; mais, en plaçant devant les yeux un mécanisme obturant l'œil droit à chaque projection de la vue gauche et vice-versa, de façon à ne montrer à chaque œil que l'image correspondante, pour une vitesse suffisante des projections alternantes, le relief stéréoscopique est admirablement perçu.

La difficulté était d'obtenir l'identité des mouvements entre l'obturateur de projection et les palettes obturatrices du système de vision. MM. Schmidt et Dupuis ont résolu ce problème par l'emploi d'une jumelle électrique, réalisant le rigoureux synchronisme indispensable pour ce procédé. Une minuscule combinaison d'électro-aimants actionne une lamelle obturatrice et le tout, introduit dans une sorte de jumelle de théâtre, se présente ainsi sous une forme commode pour la vision.

Les amateurs de stéréoscope sont maintenant si nombreux que MM. Schmidt et Dupuis se sont également préoccupés de leur faciliter la projection des clichés de leur collection. Ils ont combiné à cet effet un système dit à miroir tournant, évitant l'emploi de

deux sources lumineuses et rendant ce mode de projection vraiment aussi simple que les projections ordinaires. Pour cela, on fait réfléchir le rayon lumineux issu de la lanterne tantôt par un miroir mobile constitué par un demi-disque, tantôt par un miroir fixe dont le plan est parallèle à celui du premier. Ces miroirs sont verticaux et inclinés à 45 degrés sur l'axe du rayon, qui vient se briser sur les miroirs en illuminant alternativement les deux éléments du dispositif stéréoscopique. Une manivelle communique un mouvement de rotation au miroir tournant, sur l'axe duquel est calé le distributeur de courant en communication avec les jumelles.

Pour l'enregistrement des vues destinées à être projetées cinématographiquement en relief, il faut naturellement faire usage d'un dispositif spécial. Un cinématographe double, composé de deux cinématographes accouplés, enregistre, sur deux pellicules, les séries d'images formées par les deux objectifs dont les axes sont à une distance égale à l'écartement des yeux. C'est ensuite cette série d'images, tantôt droite, tantôt gauche, qu'on présente isolément à chaque œil sur l'écran.

Il y a donc identité absolue entre les conditions d'impression du cinématographe au moment de l'enregistrement et les conditions de vision de la projection par le spectateur, et il s'en suit une reproduction parfaite, à travers la jumelle, et du mouvement, et du relief.

§ 7. — Electricité industrielle

A propos de la traction électrique par accumulateurs en Italie. — Sur ce sujet, nous avons publié, dans notre numéro du 15 août (p. 798), une Note qui nous a valu quelques rectifications de M. Bignami, parues dans notre livraison du 30 septembre (p. 926). L'auteur de la Note précitée, M. P. Letheule, nous a alors adressé, en même temps qu'à M. Bignami, une lettre dont nous reproduisons ci-après les passages principaux, en les accompagnant de quelques annotations de M. Bignami. Cette lettre met fin, *d'une manière définitive*, aux divergences notables existant jusqu'à ce jour entre les diverses publications qui avaient traité la même question :

« Je reconnais bien volontiers l'erreur qui m'a fait substituer, au nom exact de Chemins de fer Méridionaux, le nom de Chemins de fer de la Méditerranée. Mais M. Bignami a eu tort de prendre prétexte de cette erreur matérielle pour m'en attribuer d'autres, et pour affirmer à nouveau les prétentions exagérées d'un mode de traction qui a déjà, dans des cas retentissants, suscité des malentendus de trop longue durée et stimulé de nombreux imitateurs, et qui s'est révélé trop tard à tous les intéressés comme une des plus creuses illusions de l'Electrotechnique. C'est ainsi qu'il a fallu des années pour découvrir à Hanovre, malgré d'élogieux Rapports qui ressemblaient à des bulletins de victoire, les coûteux résultats des essais auxquels procédaient, à frais communs, la Compagnie d'accumulateurs et la Compagnie des tramways de la ville. Entreprise dans des conditions plus favorables que les précédentes expériences de traction électrique de chemins de fer ou de tramways par accumulateurs, l'expérience répétée à Bologne donne sans peine des résultats meilleurs; mais nous attendons avec quelque impatience la sanction définitive que recevront ces essais, quand les frais et les soucis de l'entretien passeront des mains de la Compagnie qui a fourni les accumulateurs aux mains de la Compagnie des chemins de fer, et que celle-ci prendra une décision définitive et inspirée de son seul intérêt.

« Nous ne pouvions pas prévoir que M. Bignami nous tiendrait rigueur de nos conclusions très modérées, qui reconnaissaient au système les avantages propres qu'il peut présenter dans des cas spéciaux, mais rares, et qui ne niaient nullement ces avantages, tout en se refusant à les généraliser. Encore moins pouvions-nous prévoir que certains chiffres de notre étude paraîtraient inexacts à M. Bignami, à qui nous les empruntions, et à qui nous sommes obligé de les rappeler aujourd'hui.

« La première parmi les données primitives qu'il conteste est la *date de mise en service*. Il semble, en effet, qu'une longue mise au point ait laissé planer un léger doute sur la date exacte à publier; mais nous avons adopté dans notre chronique, comme M. Bignami dans son article[1], la date du 1er décembre 1901. Même indécision dans la suite des renseignements que nous tenons de M. Bignami.

« C'est ainsi que le poids des voitures est passé de 52,5 à 45 tonnes en apparence, parce qu'aucune épithète n'indique s'il s'agit d'un poids à vide ou en charge[2].

« Le *poids des batteries* est passé, de même, de 11 tonnes environ à 8 tonnes, le premier chiffre étant confirmé par M. Sébastiani dans sa brochure[3], le second étant donné par M. Bignami dans sa lettre rectificative.

« Mais, dans son article de l'*Electrical Review*, M. Bignami donne, pour poids des plaques seules, 6.532 kilogs environ, et ici encore l'écart est insuffisant pour représenter tous les éléments indispensables dont M. Bignami allège maintenant la batterie pour les besoins de la cause. Faisons connaître le poids de quelques-uns :

L'acide pèse, d'après M. Sébastiani.	1.967 kilogs.
Les caisses	2.110 —
L'ébonite	650 —
Les accessoires et connexions	150 —

« Soit, avec les 6.532 kilogs de plaques, un total voisin de 11.409 kilogs, qui ne paraît même pas comprendre tous les accessoires indispensables de la batterie[4].

« La lettre rectificative de M. Bignami fixe à 20.000 kilomètres le parcours correspondant à la *durée des plaques*. Cette indication de M. Bignami paraissant impliquer une durée uniforme de 20.000 kilomètres, nous avons cru devoir lui rappeler la distinction entre les plaques positives et négatives, et maintenir, comme il l'a fait lui-même dans son premier article, le chiffre de 11.000 kilomètres comme parcours correspondant aux plaques positives, et le chiffre de 20.000 kilomètres comme correspondant à celui des plaques négatives. Mais M. Bignami nous signale une modification qui n'avait pas été mentionnée antérieurement, et que nous reproduisons textuellement d'après sa lettre :

« Le parcours de 20.000 kilomètres a été atteint avec les positives Majert, celui de 11.000 avec les positives Pescetto. Les négatives durent jusqu'à 30.000, mais à Bologne on les a changées après 20.000, car il ne convient pas de mettre de nouvelles positives en présence de négatives bien usées.

« En réduisant son *coefficient de roulement* de 4,3 à 3,8 kilogrammes par tonne, M. Bignami n'améliore que très peu la situation respective de ses chiffres comparatifs de consommation et de résistance au roulement, et la correction de coefficient qu'il a consentie n'abaisse que de 93 à 82, 5 % (!) le rendement moyen à la jante, le faisant passer d'une valeur absolument inacceptable à une valeur que trouveront encore trop séduisante les ingénieurs qui nous liront. Mais qu'en penseront ceux qui, n'ayant lu que l'article original de M. Bignami,

[1] *Electrical Review*, N. Y., 28 février 1903.

[2] M. Bignami nous écrit : « Le poids est de 45 tonnes sans les voyageurs, et de 57,5 tonnes avec eux »; nous pensons qu'il avait l'intention d'écrire 52,5 tonnes.

[3] Adolfo Sebastiani : Note on the Electric Accumulator traction. Bologna, 1903.

[4] M. Bignami nous signalant aujourd'hui qu'on a réduit le nombre des plaques par élément d'accumulateur de 17 à 15, nous devons conclure de cette nouvelle donnée une réduction proportionnelle du poids des plaques, poids qui passe ainsi de 6.532 à 5.763, ce qui tendrait à réduire de 769 kilogs le poids résultant de l'analyse ci-dessus, et ramènerait la batterie à peser moins de 11 tonnes, et non 8.

et n'ayant pas eu la chance, comme nous, d'en obtenir de nombreuses données rectificatives, auront dû s'en tenir aux valeurs de la consommation moyenne et du coefficient de roulement qu'il citait, et conserver jusqu'à la fin l'illusion que l'une et l'autre étaient des indications moyennes et que leur rapprochement n'était pas un leurre ?

« Enfin, M. Bignami conteste l'épithète de lignes à « trafic assez réduit » que nous avons employée. Ceux de nos lecteurs qui désireront la contrôler voudront bien consulter l'horaire des chemins de fer italiens. Ils trouveront nombre de lignes dont l'intensité dépasse deux, trois ou quatre fois celle des lignes de Bologne.

« Chacun sait, d'ailleurs, qu'au delà d'une intensité de trafic qui n'est pas très élevée, la traction par accumulateurs est avantageusement supplantée par la traction électrique à conducteurs, troisième rail ou trolley, et qu'entre les domaines plus particulièrement réservés à l'une et l'autre méthode, il peut même y avoir place pour l'application avantageuse d'automotrices à vapeur ou à pétrole. Cette concurrence restreint grandement le champ d'application de la traction par accumulateurs, qui, dans l'état actuel de l'industrie, présente une étendue déjà très restreinte, et qui se heurte à des difficultés économiques que M. Bignami s'efforce en vain d'aplanir.

« Nous avons exposé dans notre chronique les circonstances spéciales qui favorisent ici la traction par accumulateurs comparativement à la traction par vapeur, et M. Bignami n'a fait que les confirmer involontairement, en citant de nouveau les valeurs élevées qu'atteignent les prix de revient kilométriques des trains à vapeur en Italie. Mais ces prix n'atteignent pas le double des prix obtenus pour la traction électrique par accumulateurs à Bologne, et ils s'appliquent à des trains quatre fois plus lourds, d'où résulte pour la vapeur un avantage de 100 °/₀ à poids égal, avantage qui peut n'être pas complètement réalisé par l'emploi de locomotives à vapeur à grand poids mort, mais qui serait réalisable par automotrices à vapeur à voyageurs ».

« P.-S. — Nous avons contesté, dans ce qui précède, la grande intensité de trafic des lignes électriques de Bologne et, si elle eût existé, le choix de la traction par accumulateurs nous eût, par cela même, paru moins heureux.

Il semble que les événements doivent nous donner raison, car un ingénieur bien informé nous confirme la suspension de la traction par accumulateurs, à Bologne, « en raison du grand surcroît de trafic qui a changé complètement les conditions existant au début, au temps où la ligne était peu fréquentée »; cela paraît confirmer parfaitement l'opinion que nous nous étions faite, et du trafic et du système de traction adopté ». P. Letheule.

Or, M. Bignami vient de confirmer lui-même la cessation de service signalée à la fin de la lettre ci-dessus, en des termes qui ne permettent, il est vrai, aucun doute sur le *succès technique* des expériences qu'on vient d'abandonner. Nous lui donnons acte de ce succès, apprécié comme suit dans une phrase de sa lettre que nous tenons à citer textuellement :

« Quant à la suspension ou à la cessation du service de Bologne, la question technique n'y entre pour rien; ce qui est prouvé par la déclaration de l'Adriatique que l'expérience a parfaitement réussi, et qu'elle reconnaît son obligation de payer tout ce dont elle est redevable à la Société qui a pourvu à cette expérience ».

§ 8. — Photographie

Le développement des plaques et papiers photographiques en pleine lumière. — On a cherché depuis longtemps à supprimer, dans le laboratoire de développement, l'emploi de la lanterne munie de ses verres colorés parce que, d'une part, il est difficile de se procurer dans le commerce des verres ne laissant passer que des radiations pratiquement inactiniques, et que, d'autre part, cette lanterne ne donne qu'un éclairage très faible.

Le procédé le plus simple, et aussi le plus ancien, consiste à additionner le bain révélateur d'une substance susceptible de colorer ce bain sans teindre d'une façon persistante la gélatine, la substance choisie pouvant absorber assez complètement les radiations chimiques pour qu'elles n'impressionnent pas la surface sensible.

Malgré sa simplicité, ce dernier procédé ne s'est pas généralisé jusqu'ici, en raison de la difficulté de trouver des matières colorantes remplissant les nombreuses conditions nécessaires. Elles doivent, en effet, non seulement donner avec le révélateur des solutions convenablement colorées pour absorber les radiations actiniques, mais encore ne pas se fixer sur la gélatine et ne provoquer ni le voile ni la destruction de l'image latente. En outre, il ne faut pas qu'elles tachent les doigts de l'opérateur. Il est nécessaire, enfin, qu'elles puissent être employées avec les divers révélateurs sans donner de précipité et sans changer sensiblement de couleur, ni avec la substance développatrice, ni avec ses adjuvants (sulfite de soude, alcali).

MM. A. et L. Lumière et A. Seyewetz ont recherché méthodiquement, parmi les nombreuses matières colorantes du commerce, celles qui remplissent le plus parfaitement ces conditions, et n'en ont trouvé aucune les réalisant complètement. Ils n'ont pas trouvé non plus de corps non colorants pouvant détruire la sensibilité du bromure d'argent sans agir sur l'image latente et permettant ainsi le développement en pleine lumière sans addition de matière colorante.

Ils se sont alors adressés à des composés colorés n'ayant pas de propriétés tinctoriales proprement dites. Après avoir essayé une longue série de corps de cette nature, ils ont trouvé, dans les picrates dissous dans le sulfite de soude, des solutions colorées et non tinctoriales d'une couleur convenable pour absorber pratiquement les radiations actiniques. Le picrate de sodium pur peut donner d'aussi bons résultats que celui de magnésium ; mais la nécessité d'employer la soude pour le préparer et la difficulté d'obtenir avec cet alcali un picrate rigoureusement neutre leur ont fait préférer le picrate de magnésium.

Au lieu de dissoudre le picrate de magnésium dans les solutions révélatrices, il est plus simple de mélanger cette substance à l'état sec en proportion convenable avec le sulfite de soude anhydre, et de constituer de cette façon un produit pouvant être utilisé comme succédané du sulfite de soude dans la préparation des développateurs. Il est possible ainsi de préparer directement des révélateurs convenablement colorés pour le développement en pleine lumière, sans avoir à peser un plus grand nombre de substances que s'il s'agissait de la préparation d'un révélateur ordinaire.

MM. A. et L. Lumière et Seyewetz ont alors recherché quelles sont les proportions les plus convenables de picrate de magnésium et de sulfite de soude pour constituer un mélange pouvant être employé avec les divers révélateurs du commerce.

Le mélange qui a donné les meilleurs résultats avec le plus grand nombre de révélateurs est celui qui renferme :

100 parties de sulfite de soude anhydre;
50 — de picrate de magnésium.

Ce mélange, utilisé avec certains révélateurs, en quantité suffisante pour que la solution soit assez riche en sulfite alcalin, donne des solutions trop colorées pour qu'on puisse facilement suivre la venue de l'image. Aussi emploie-t-on avec ces révélateurs un mélange moins riche en picrate de magnésium, mélange renfermant seulement :

100 parties de sulfite de soude anhydre;
15 — de picrate de magnésium.

Ces mélanges ont été désignés sous le nom de *Chrysosulfite*, le plus riche en picrate étant le *Chrysosulfite* n° 1 et l'autre le *Chrysosulfite* n° 2.

Les révélateurs au Chrysosulfite se préparent en remplaçant simplement, dans la formule du développateur, le sulfite de soude par le Chrysosulfite. Le *Chrysosulfite* n° 1 est employé exclusivement avec les révélateurs suivants : Métoquinone, Hydroquinone-Métol, Hydroquinone-Acide pyrogalique, Edinol, Iconogène, Métol, Adurol, Ortol et Pyrocatéchine.

Le *Chrysosulfite* n° 2 est utilisé avec les développateurs ci-dessous : Diamidophénol, Paramidophénol, Hydramine, Glycine.

Dans le développement des plaques et pellicules très sensibles à la lumière artificielle, on emploie une quantité suffisante de révélateur pour couvrir la plaque d'une couche de solution d'environ 1 cent. 1/2, soit environ 200 centimètres cubes de bain pour une cuvette 9 × 12 ou une surface correspondante. La plaque est retirée du châssis dans le laboratoire obscur et mise directement dans le révélateur. Si l'on n'a pas de lanterne spéciale, on opère dans l'obscurité complète.

Dès que la plaque est immergée dans le révélateur, on peut développer en pleine lumière, en se plaçant à une distance variable suivant la nature de la source lumineuse employée. Cette distance est d'environ de 0m,50 pour une bougie, de 1 mètre pour un bec de gaz (bec papillon), 0m,75 pour une lampe à pétrole (lampe ordinaire de 14 lignes), 1m,50 pour une lampe à incandescence (lampe ordinaire de 16 bougies). On agite lentement la cuvette pendant le développement, en ayant soin que le liquide couvre toujours la plaque. On peut, à partir de la deuxième minute, retirer deux à trois fois le cliché du bain de développement en tournant le dos à la lumière et l'examiner rapidement pendant trois secondes environ par transparence sans risquer de voiler la plaque. Cet examen ne devra avoir lieu qu'aux distances minima suivantes : Bougie, 1 mètre; lampe à pétrole, 1m,50; gaz (bec papillon), 2m,50 ; lampe électrique, 3 mètres. On peut diminuer notablement cette distance en interposant un verre jaune entre le cliché et la lumière.

Lorsque le développement est terminé, on tourne le dos à la source lumineuse et l'on rince le cliché à l'eau courante, puis on le fixe et on le lave dans les conditions habituelles.

On peut remplacer les diverses sources éclairantes par la lumière du jour, pourvu que le soleil ne pénètre pas dans la pièce où l'on opère, et que l'on prenne la précaution de munir de rideaux la fenêtre par laquelle arrive la lumière. On se place aussi loin que possible de la fenêtre, en lui tournant le dos pendant toute la durée du développement. Il n'est plus possible alors, sans risquer de voiler le cliché, de l'examiner par transparence, à moins de faire usage d'une cuvette verticale en verre.

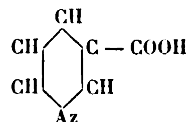
L'introduction de la plaque dans le bain, le lavage et le fixage du cliché auront lieu comme précédemment.

§ 9. — Chimie organique

La synthèse de la nicotine. — La nicotine est, comme l'on sait, un alcaloïde volatil extrêmement toxique. On la rencontre dans le tabac en proportion d'autant plus grande que celui-ci est, au goût du fumeur, de plus mauvaise qualité. C'est ainsi que, d'après M. Th. Schlœsing, les tabacs de la Havane en contiennent à peine 2 °/₀ de leur poids sec, tandis que ceux du Lot en renferment près de 8 centièmes.

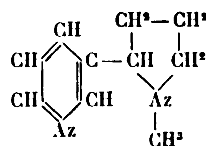
En raison de l'intérêt que cet alcaloïde présente à divers points de vue et de la facilité avec laquelle on peut en préparer de véritables provisions, les chimistes l'ont soumis à de nombreuses recherches. Ces recherches viennent de recevoir leur couronnement par la synthèse de la nicotine, due à M. Amé Pictet, professeur à l'Université de Genève.

D'après sa composition élémentaire et l'analyse de ses sels, la nicotine a pour formule $C^{10}H^{17}Az^{2}$. Traitée par certains réactifs oxydants, elle se transforme en acide nicotique, très bien cristallisé, qu'il est facile d'identifier avec l'acide β-pyridinecarbonique :



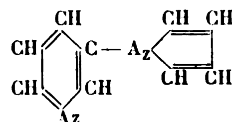
La molécule de nicotine renferme donc un noyau pyridique, dans lequel un résidu $C^{5}H^{10}Az$ est substitué à l'atome d'hydrogène β; c'est ce résidu qui fournit par oxydation le groupe COOH.

Quelle est la nature de ce résidu ? On a beaucoup discuté là-dessus; en tout cas, il n'est certainement pas pyridique, car un de ses atomes de carbone est lié à l'azote sous forme de groupe méthyle CH^{3}. Pinner a émis l'hypothèse que ce pouvait être une chaîne fermée et il a proposé la formule suivante pour représenter la nicotine :

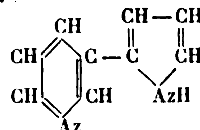


Or, cette formule est précisément celle à laquelle on arrive en suivant la synthèse de M. Amé Pictet[1].

Ce savant est parti de l'acide nicotique. Il en a fait l'amide qui, traitée par l'hypobromite de sodium, a fourni la β-aminopyridine. Le mucate de cette nouvelle base, soumis à la distillation sèche, donne le Az-pyridylpyrrol :



dont les vapeurs, chauffées au rouge sombre, subissent une transposition moléculaire et deviennent celles de l'α-pyridylpyrrol :



Il ne reste donc plus qu'à méthyler et hydrogéner le noyau pyrrolique — non sans précautions, puisqu'il faut respecter le noyau pyridique — pour avoir de la nicotine.

Seulement, la nicotine ainsi obtenue est inactive : elle est formée d'un mélange à parties égales de nicotine droite et de nicotine gauche. Par saturation avec l'acide tartrique ordinaire, cette dernière donne seule un sel cristallisable. On isole ce sel et, par déplacement de la base qu'il contient à l'aide de la soude, on sépare un liquide se confondant, par toutes ses propriétés, avec la nicotine naturelle.

Cette nouvelle conquête de la Chimie était d'autant plus intéressante à signaler qu'on n'avait pu réussir à préparer jusqu'ici qu'un nombre très restreint d'alcaloïdes de synthèse. G. Bertrand.

§ 10. — Physiologie

L'épreuve de la traversée digestive. — Plusieurs physiologistes ont appliqué la radioscopie ou la radiographie à l'étude des mouvements du tube diges-

[1] *C. R. Acad. d. Sc.*, 23 novembre 1903.

tif. En faisant ingérer à un animal une pâtée contenant une forte proportion de sous-nitrate de bismuth, corps opaque aux rayons X, on a pu, par la radioscopie, reconnaître l'existence d'ondes de contractions gastriques, assurant le brassage des aliments dans l'estomac. On a pu, par le même procédé, étudier les mouvements du gros intestin, etc.

A l'aide d'un procédé analogue, MM. J. A. Sicard et Ch. Infroit font l'étude systématique de l'ensemble de la motricité du tube digestif, chez l'homme. Ils donnent à ce procédé le nom d'*épreuve de la traversée digestive*. Faisant ingérer au sujet en expérience un corps étranger décelable par la radiographie, inoffensif dans sa forme, sa composition, ses dimensions et résistant à l'action des sucs digestifs, ils suivent ce corps étranger, étape par étape, à travers toute l'étendue du tube digestif et le fixent, le saisissent au passage au niveau des différents segments gastro-intestinaux.

Le corps étranger choisi est une masse de sous-nitrate de bismuth, emprisonnée et comprimée dans de petites gélules à base de gélatine, recouvertes de collodion protecteur. Les radiographies sont prises, le sujet étant couché sur le ventre, la pose durant 5 à 10 minutes.

La gélule étant ingérée le matin à jeun avec une gorgée d'eau et une bouchée de pain, on peut, pendant 20 minutes environ, la reconnaître par la radiographie au niveau du grand cul-de-sac de l'estomac, en dehors et à gauche de la troisième vertèbre lombaire. Après la première demi-heure jusqu'à la 5e, la 7e et même la 8e heure, les radiographies sont négatives; la gélule parcourt l'intestin grêle. De la 5e à la 8e heure, la gélule apparaît au niveau du cœcum, au-devant de l'os iliaque droit; de la 8e à la 14e heure, elle reste au niveau de la région cœcale avec fort peu de propulsion; de la 14e à la 16e heure, elle chemine dans le colon ascendant; de la 16e à la 19e heure, elle parcourt le colon transverse et s'arrête assez longtemps au niveau de l'angle colique gauche; de la 19e à la 22e ou 24e heure, elle descend lentement le colon descendant et arrive à l'S iliaque, où elle s'immobilise jusqu'à son expulsion.

Cette méthode permet de déterminer la motricité des trois segments digestifs, estomac, intestin grêle et gros intestin. Des recherches, que MM. Sicard et Infroit nous disent être en cours d'exécution, nous feront connaître la valeur que peut avoir cette méthode en clinique, au point de vue de l'établissement du diagnostic. Mais, dès maintenant, les résultats obtenus chez l'homme sain confirment, en l'analysant plus exactement, cette donnée physiologique, depuis longtemps acquise, du séjour prolongé du bol fécal dans le gros intestin, et de la traversée relativement rapide (1 mètre à l'heure) de l'intestin grêle.

§ 11. — Sciences médicales

Œuvre de préservation de l'Enfance contre la Tuberculose. — M. le Professeur Grancher, dont on connaît les beaux travaux sur la tuberculose, vient de lancer, dans le *Bulletin Médical de Paris* (1903, n° 87, p. 921), une sorte de manifeste au Corps médical français, qu'il prie instamment de l'aider à fonder l'Œuvre de préservation de l'Enfance contre la Tuberculose. Le but de l'œuvre serait de prendre, dans chaque famille d'ouvriers tuberculeux, les enfants sains et de les disséminer dans des familles également saines ou dans des orphelinats agricoles. L'idée de cette œuvre a été suggérée au Professeur Grancher par cette phrase du beau livre de Pasteur, sur les maladies des vers à soie : « Pour sauver une race menacée par une maladie contagieuse, le mieux est de préserver la graine ». Si donc on s'occupait de soustraire, pour le temps nécessaire, les enfants encore sains d'une famille tuberculeuse au danger de la contagion, en les envoyant à la campagne, on ferait une œuvre essentiellement utile, car ainsi on assainirait le logis, on donnerait du calme et une sorte de bien-être aux parents déchargés du souci de leurs enfants et surtout on sauverait les enfants. Nul n'ignore, en effet, que le séjour des villes, des grandes villes surtout, leur est nuisible, même s'ils appartiennent à des familles aisées, et, à plus forte raison, s'il s'agit de ces pauvres petits qui végètent dans les taudis et la misère. C'est la campagne, la vie au grand air et la lumière qui sont seuls capables de leur donner la force et la santé : il faut se souvenir que, sur 18.000 enfants assistés de l'Assistance publique de Paris, vivant à la campagne, M. Hutinel, professeur de la Faculté de Médecine, n'a relevé que 15 tuberculeux. L'idée de M. Grancher paraît donc des plus heureuses et mérite de trouver l'accueil le plus favorable, non seulement auprès du Corps médical, mais aussi auprès du grand public.

La délivrance des incurables. — Il est une question qui a toujours préoccupé les médecins : c'est la question de savoir si l'on a le droit de hâter la mort d'un malade que l'on est sûr de ne pouvoir guérir. A-t-on le droit de raccourcir l'existence d'un cancéreux, dont le néoplasme opéré a récidivé et s'est généralisé, un tuberculeux à la troisième période, un malheureux qui a une fracture de la colonne vertébrale avec paralysie à peu près complète et impotence fonctionnelle des membres, etc.? Dans l'état actuel des législations française ou étrangères, le médecin n'a pas ce droit; et, si parfois quelques injections de morphine hâtent la délivrance, elles ont au moins l'excuse du soulagement passager facilement obtenu. Mais voici que les membres de la « New-York State Medical Association » revendiquent ce droit : à leur dernier banquet, qui a eu lieu à New-York, à la fin d'octobre, ils avaient invité un clergyman, M. Wright, qui, au dessert, s'est fait l'apôtre convaincu de cette revendication. Aussi y a-t-il eu, à la fin du mois dernier et ce mois-ci encore, une grande profusion d'articles de toutes sortes, suscités par cette déclaration. Il semble, cependant, que la majorité des médecins qui, par raison d'humanité, seraient parfaitement disposés à user de ce droit s'il était légal, renonceront même à en revendiquer l'application exceptionnelle de peur qu'elle n'amène de terribles abus.

Influence de la fièvre sur la glycosurie. — Un fait constaté depuis longtemps par un grand nombre de cliniciens, c'est la diminution et parfois même la disparition de la glycosurie chez les diabétiques au cours des maladies fébriles. L'explication qui a été donnée de ce phénomène a beaucoup varié. Les uns ont incriminé l'élévation même de la température; d'autres avaient mis en cause la destruction exagérée des substances albuminoïdes, ce qui fait que l'organisme ne peut plus les utiliser pour la formation du glycogène; d'autres encore ont admis que les agents microbiens de la maladie fébrile utilisent et consomment le sucre du sang et des tissus comme ils le font *in vitro* quand ils sont cultivés sur des milieux contenant du sucre.

Partant de ce fait que la fièvre et l'infection sont deux éléments distincts, M. Richter[1] a institué, sur des chiens rendus glycosuriques par une injection d'adrénaline, deux ordres d'expériences. Chez les uns, dont le cerveau avait été mis à nu, on provoquait une « fièvre aseptique » par la piqûre du corps strié au niveau du centre thermique (Sachs-Aronsohn); aux autres, rendus glycosuriques comme les précédents, on injectait dans les veines une culture de streptocoques et l'on mettait ainsi en jeu le facteur : infection.

La recherche du sucre dans l'urine de ces chiens a montré par la « fièvre aseptique » n'exerce aucune influence sur la glycosurie et que celle-ci présente les mêmes caractères de durée et d'intensité chez les

[1] P. F. Richter : « Fieber und Zuckerausscheidung » in *Berlin. klin. Wochenschr.*, 1903, n° 37, p. 841.

chiens ayant subi la piqûre du centre thermique que chez les chiens témoins, chez lesquels on s'est contenté de provoquer de la glycosurie par une injection d'adrénaline.

Tout autre est l'effet de l'infection bactérienne sur la glycosurie. Très souvent celle-ci n'apparaît même pas chez les chiens auxquels l'injection intraveineuse de cultures streptococciques a été faite avant l'injection d'adrénaline, et cela même dans les cas où l'infection ne s'accompagne pas de fièvre.

La conclusion que M. Richter tire de ses expériences, c'est qu'en cas de maladie fébrile chez un diabétique, la glycosurie n'est nullement influencée par l'élément fièvre, tandis que l'infection bactérienne diminue le sucre urinaire par le fait de la plus grande consommation de cette substance par les agents de la maladie.

Sur l'étiologie du cancer. — Dans un travail de statistique particulièrement laborieux, le Dr Wolff a cherché à établir les relations qui existent entre la mortalité cancéreuse et les habitudes alimentaires des divers pays. On avait déjà accusé l'usage immodéré du sel de prédisposer aux néoplasies. M. Wolff incrimine l'usage du cidre et de la bière. Avant lui, d'ailleurs, on avait constaté que les provinces de France où la mortalité par cancer est le plus élevée sont la Normandie et la Beauce; or, on sait que, dans ces deux provinces, la boisson de beaucoup la plus usitée est le cidre étendu d'eau. M. le Dr Arnaudet avait même fait, au sujet de la Normandie, un travail tout à fait intéressant, mais il n'avait pas établi de relations de cause à effet entre le cidre et le cancer. M. Wolff a surtout pris ses chiffres en Allemagne et en Autriche : or, Salzbourg, en Autriche, et la Bavière, qui sont les pays où l'on consomme le plus de bière, sont aussi les pays où l'on meurt le plus par cancer. Enregistrons ces remarques, dont, pour le moment, on ne saurait rien déduire.

§ 12. — Enseignement

Le laboratoire de M. Curie. — Au moment où l'Etranger vient de rendre un éclatant hommage aux beaux travaux de M. et Mme Curie, en leur décernant successivement la Médaille Davy et le prix Nobel, nous pensons qu'il est bon d'attirer l'attention sur les moyens de travail vraiment insuffisants dont ils disposent pour leurs recherches. Tout en regrettant qu'un savant comme M. Curie soit obligé d'enseigner les éléments de la Physique aux jeunes élèves du P. C. N., ce qui l'astreint à faire presque autant d'heures de cours qu'un professeur de lycée, nous dirons surtout les conditions déplorables d'installation de son laboratoire. Au P. C. N., une seule salle de travail exiguë, incommode, aucunement prévue pour des recherches sérieuses, presque inutilisable. A l'Ecole de Physique et de Chimie industrielles, où ont été faites toutes les recherches sur le radium, l'installation est d'aspect misérable : elle est formée de baraquements en planches prêtés par la Ville de Paris. La salle d'expériences utilisée pour les expériences de Physique est bitumée, basse, sombre, humide et froide; on n'y dispose d'aucun des moyens permettant la réalisation d'expériences délicates et d'aucune installation puissante d'énergie électrique ou de température élevée. Quant à la salle de Chimie, son installation est plus que primitive : dans un grand hangar vitré, deux tables de bois blanc ont été disposées pour recevoir les flacons, les ballons, les capsules, les fourneaux, et toutes les opérations chimiques se font sur ces deux tables; il n'y a pas de hotte pour l'évacuation des vapeurs et, chaque fois qu'on fait un traitement chimique, la salle est envahie par les fumées et l'air devient irrespirable. Enfin, aucun préparateur n'est mis à la disposition de M. Curie pour ses recherches.

Les conditions précaires de cette installation rendent certainement plus grand encore le mérite de M. et Mme Curie; mais nous croyons qu'elles ne peuvent sans scandale continuer à exister. Non seulement, cette situation donne une impression fâcheuse pour le renom de la France à tous les savants étrangers qui viennent visiter leurs confrères français, mais aussi elle empêche M. Curie de réaliser suffisamment vite les expériences que lui suggèrent ses recherches : certaines découvertes récemment faites à l'Etranger sur le radium auraient probablement été faites en France s'il avait disposé de moyens de travail suffisants.

La situation de M. Curie est tout à fait anormale. Il y a quelques années, des offres brillantes lui ont été faites par une université étrangère, et il doit certainement regretter d'avoir refusé de s'expatrier. Nous espérons que les hommages qui lui viennent de l'Etranger auront pour ésultat un changement radical dans cette situation et qu'il pourra bientôt, pour la gloire de la science française, se consacrer exclusivement à ses recherches, avec des collaborateurs nombreux et un laboratoire vaste, bien installé et pourvu de crédits suffisants. L. O.

Don à la Galerie de Paléontologie du Muséum. — M. le baron Edmond de Rothschild, qui a encouragé il y a quelques années les expériences de transport de la force à distance, s'intéresse également aux découvertes paléontologiques qui commencent à jeter tant de lumière sur l'histoire de la Création.

Il vient de remettre à M. Albert Gaudry, Président de l'Académie des Sciences, la somme de 10.000 francs pour permettre au Muséum d'acquérir les pièces les plus précieuses de la collection Filhol.

Grâce à M. Edmond de Rothschild, on verra bientôt, installées dans les vitrines de la Galerie de Paléontologie du Muséum, des pièces tout à fait intéressantes des fameux gisements de phosphates du Quercy. Entre autres curiosités, il faut signaler des grenouilles et des morceaux de serpents dont la peau a été conservée et qui remontent à plus de mille siècles.

On pourra aussi, au moyen de cette collection, reconstituer des squelettes entiers de fauves de l'époque quaternaire, notamment du Grand Lion des Cavernes.

M. de Rothschild ne borne pas là sa générosité. Grâce à lui, on va établir, dans la Galerie, une sorte de ménagerie des animaux féroces contre lesquels l'homme primitif a eu à lutter : Grand Ours, Grand Lion, Hyène et Loup des Cavernes.

Concours d'agrégation des Écoles supérieures de Pharmacie. — Voici la liste des sujets de thèses du Concours pour cinq places d'agrégés des Ecoles supérieures de Pharmacie (section d'Histoire naturelle et de Pharmacie). Ce Concours doit s'ouvrir le 16 avril 1904.

Histoire naturelle. — 1. Fixation du carbone par les végétaux.

2. Les microorganismes fixateurs d'azote.
3. Les éléments nutritifs des plantes.
4. La sexualité chez les champignons.
5. La fécondation chez les Phanérogames.
6. La membrane cellulaire chez les végétaux.
7. Les laticifères.
8. Caractères et répartition des alcaloïdes et des glucosides chez les végétaux.
9. Champignons parasites de l'homme et des animaux.
10. Les connaissances actuelles sur les parasites du sang et de la lymphe chez l'homme et les animaux.
11. Le tissu adipeux.
12. Le pneumogastrique. Anatomie et physiologie.

Pharmacie. — 1. Ferments protéolytiques et produits pharmaceutiques qui dérivent de leur action.

2. Médicaments chimiques à base d'arsenic.
3. Etude critique des modes d'essai des extraits pharmaceutiques.

Collège de France. — M. G. Wyrouboff, remplaçant M. H. Le Chatelier, professeur, étudiera cette année la *Chimie des Terres rares.* Le cours a lieu les mercredis et vendredis à 2 heures.

LES GRANDS CHARRIAGES DE L'EMBRUNAIS ET DE L'UBAYE

CONFÉRENCE FAITE AU IXᵉ CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL[1]

La partie des Alpes sur laquelle je désire, Messieurs, attirer un instant votre attention, en raison des gigantesques recouvrements que l'on y observe, est connue, depuis les travaux de Charles Lory, sous le nom de « région des grès de l'Embrunais ». Comme c'est un pays assez délaissé des alpinistes et des géologues, je suis obligé, afin d'être compris, d'en définir tout d'abord la situation dans la chaine des Alpes.

I

Vous savez que c'est à Charles Lory qu'est dû le premier essai de subdivision des Alpes occidentales en régions naturelles; bien que datant de 1866, cet essai peut encore actuellement servir de base à toutes les tentatives analogues. Lory distinguait dans ses « chaînes alpines », qu'il opposait aux « chaînes subalpines », quatre zones parallèles, qui ont conservé jusqu'à ce jour toute leur valeur en tant qu'unités tectoniques d'ordre supérieur, pour peu, toutefois, qu'on ne cherche pas à les étendre au delà de la région restreinte que Lory avait étudiée.

La 1ʳᵉ zone de Lory est aujourd'hui assez généralement connue sous le nom de « zone du Mont Blanc », qui lui a été donné par M. Diener. Dans le segment des Alpes occidentales situé au sud de Grenoble, elle comprend les deux massifs cristallins du Pelvoux et du Mercantour.

J'ai proposé pour la seconde zone de Lory le nom de « zone des Aiguilles d'Arves »; c'est la « zone du Flysch » de M. Termier.

J'ai appelé « zone axiale de l'éventail alpin » la 3ᵉ zone de Lory. On tend à présent à lui réserver la dénomination de « zone du Briançonnais », que M. Diener avait appliquée à l'ensemble de la seconde et de la 3ᵉ zone.

Enfin, la 4ᵉ zone est appelée tantôt « zone du Mont Rose » (Diener), tantôt « zone du Piémont » (Haug).

La région des grès de l'Embrunais était envisagée, jusque dans ces dernières années, comme une partie de la zone du Mont Blanc. Je vais essayer de vous démontrer qu'elle correspond à une partie des Alpes dans laquelle la zone des Aiguilles d'Arves est charriée sur la zone du Mont Blanc.

Située entre le massif cristallin du Pelvoux, au Nord, et celui du Mercantour, au Sud-Est, la région des grès de l'Embrunais apparaît à première vue comme une vaste dépression de terrains nummulitiques, comprise entre deux aires de surélévation. Deux profondes coupures transversales, la vallée de la Durance et celle de l'Ubaye, son affluent, permettent de reconnaître le soubassement des terrains tertiaires, qui est généralement formé par des dépôts jurassiques, plus rarement par des dépôts crétacés. Ces formations affleurent dans le fond des vallées, tandis que les hauteurs, qui dépassent quelquefois 3.000 mètres, sont presque exclusivement constituées par des schistes et des grès, éocènes et oligocènes, qui méritent souvent le nom de Flysch.

Cependant, le profane lui-même est frappé, rien qu'en traversant la région, de voir surgir, au milieu de ce monotone pays gréseux et schisteux, quelques montagnes calcaires aux formes hardies, comme Chabrières, le Morgon, les Séolanes, semblables à des forteresses qui gardent l'entrée des vallées. Leur nature mésozoïque est connue depuis longtemps, et Charles Lory les envisageait comme autant d'îles dans la mer éocène[1]. Goret[2], auquel on doit la première description géologique de l'Ubaye, y voyait, par contre, des massifs limités sur toute leur périphérie par des failles verticales.

Tel était, si l'on fait abstraction de quelques données stratigraphiques bien sommaires, l'état de nos connaissances de l'Embrunais et de l'Ubaye, lorsque, en 1889, nous visitâmes ensemble pour la première fois, M. Kilian et moi, la vallée de Barcelonnette. Nous ne tardâmes pas à nous apercevoir que la complication tectonique de la région était bien plus grande que nous ne nous l'étions imaginé; aussi décidâmes-nous d'entreprendre en collaboration le levé géologique et l'étude détaillée de la vallée de l'Ubaye, et c'est ainsi que, presque tous les automnes, depuis quinze ans, nous avons consacré, indépendamment de nos recherches individuelles dans des régions voisines, plusieurs jours ou plusieurs semaines à des courses communes

[1] Conférence faite le 24 août 1903, à Vienne (Autriche), dans une séance générale du IXᵉ Congrès Géologique International exclusivement consacrée à des communications sur le problème des « lambeaux de recouvrement », des « nappes de charriage » et des « Klippen ».

[1] LORY : Remarques au sujet des Alpes de Glaris et des allures du terrain éocène dans les Alpes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3ᵉ sér., t. XII, p. 728. 1884.

[2] GORET : Géologie du bassin de l'Ubaye. *Ibid.*, 3ᵉ sér., t. XV, p. 539-555, pl. X. 1887.

dans cette vallée intéressante et difficile entre toutes. Ce n'est donc pas seulement en mon nom personnel, c'est aussi au nom de mon collègue et ami M. Kilian — que nous regrettons tous de ne pas voir parmi nous aujourd'hui — que je viens vous exposer le résultat de nos explorations.

II

Dès notre première visite, nous avons pu nous convaincre du rôle considérable que jouent dans la région les phénomènes de recouvrement. Dès 1892, nous annoncions l'existence de ces phénomènes et nous en donnions des preuves dans une Note préliminaire[1], publiée en 1894, à une époque où les recouvrements *réellement démontrés* étaient encore peu nombreux dans les Alpes et notamment dans les Alpes françaises.

Ces preuves étaient à la fois d'ordre tectonique et d'ordre stratigraphique.

Les preuves tectoniques du recouvrement sont tirées de la présence de masses de calcaires jurassiques ou triasiques complètement isolées et posées sur un soubassement de Flysch. La petitesse de certaines de ces masses ne laisse aucun doute à cet égard. Le Joug de l'Aigle, près du col de Famouras, par exemple, n'est autre chose qu'un immense bloc de quartzites triasiques perché sur des schistes noirs priaboniens. D'autres masses sont plus volumineuses, mais la même interprétation s'impose là encore. Ainsi la Grande Séolane est une lame énorme posée sur le Flysch; elle comprend en succession renversée: des grès à grandes Nummulites, des calcaires tithoniques coralligènes, le Lias inférieur à *Gryphæa arcuata* et, au sommet, un lambeau de Rhétien. Ailleurs, la succession des couches secondaires est normale, mais leur superposition au Flysch est non moins évidente.

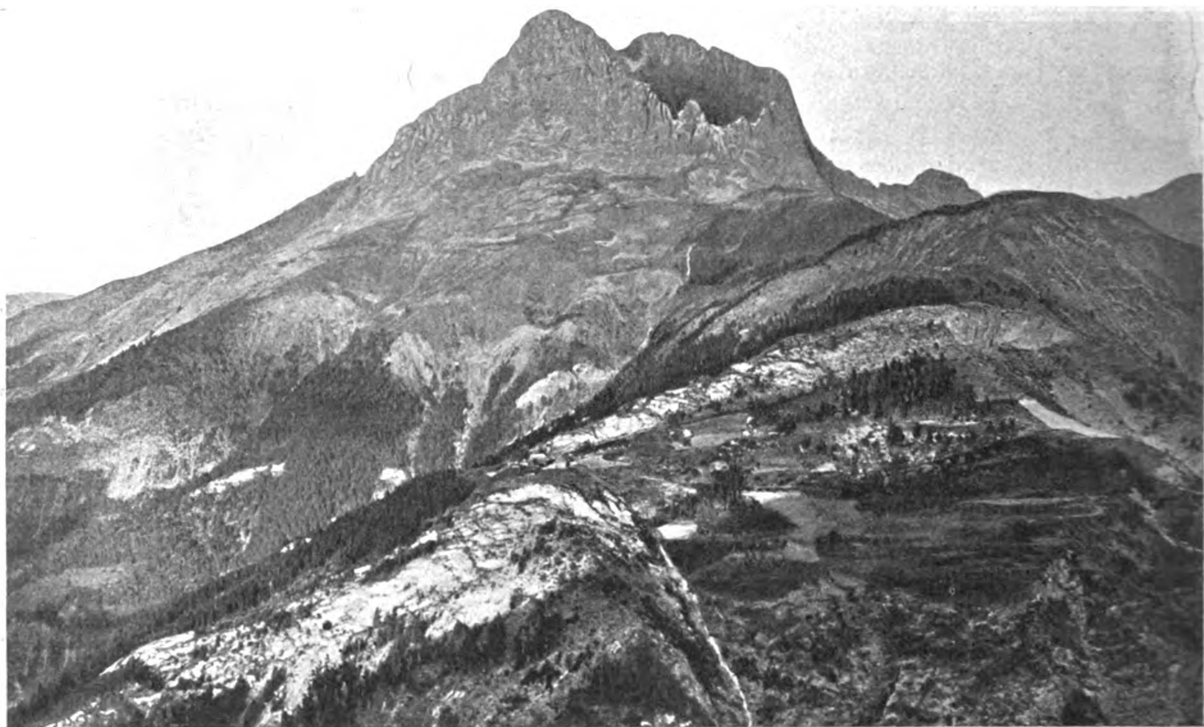


Fig. 1. — *Lambeau de recouvrement du Lan* (Chapeau de Gendarme de la carte). — Pli de Jurassique supérieur avec noyau de Lias, reposant sur un soubassement de Callovien (à gauche) et d'Eocène (à droite). (Cliché de M. W. Kilian.)

Ces faits nous conduisent à envisager toutes ces masses, non pas, ainsi que l'avait cru Charles Lory, comme des îlots, comme des écueils dans la mer du Flysch, mais comme des témoins, isolés par l'érosion, d'une nappe de terrains secondaires qui reposait sur les couches tertiaires. Ce sont de véritables lambeaux de recouvrement, analogues à ceux que M. Marcel Bertrand a décrits en Provence, analogues aux « Klippen » suisses, dont la

[1] E. Haug et W. Kilian : Les lambeaux de recouvrement de l'Ubaye. *C. R. Ac. Sc.*, 31 décembre 1894.

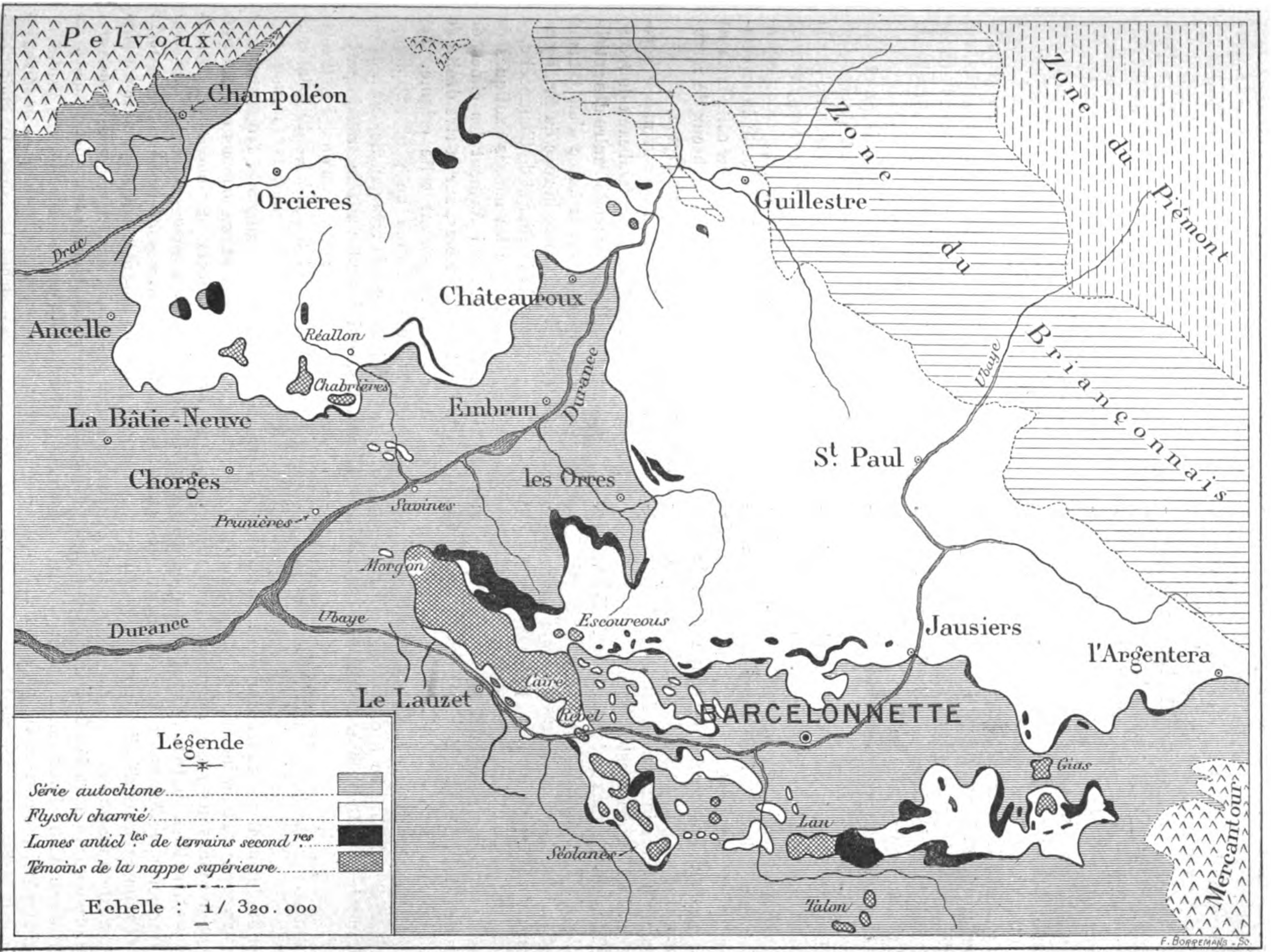


Fig. 2. — *Carte géologique de la région de l'Embrunais et de l'Ubaye.*

vraie nature n'était, d'ailleurs, pas encore connue lorsque nous signalions le phénomène dans l'Ubaye.

Il existe toute une ceinture de ces lambeaux, depuis la vallée d'Ancelle, dans le bassin du Drac, jusqu'à la limite des Alpes-Maritimes; les principaux sont les suivants : la Pusterle et Chabrières, sur la rive droite de la Durance; le Morgon, l'Escoureous, entre la Durance et l'Ubaye; les Séolanes, le Lan (fig. 1), le Gias du Chamois, le Mourre-Haut, sur la rive gauche de l'Ubaye.

Tantôt ils reposent sur le Flysch, tantôt ils sont en contact direct avec les terrains secondaires du soubassement. Dans ce cas, le contraste est particulièrement frappant entre les faciès du soubassement et les faciès des lambeaux de recouvrement. Et c'est ce contraste entre les deux faciès qui va nous fournir une preuve stratigraphique du recouvrement.

Les terrains mésozoïques du soubassement appartiennent au *type dauphinois*. Le Bajocien est identique à celui des environs de Gap. Le Bathonien, le Callovien, l'Oxfordien forment un ensemble extrêmement puissant, constitué par des marnes ou des schistes et connu dans le pays sous le nom de « terres noires ». Les termes supérieurs du Jurassique sont à l'état de calcaires compacts. Le Néocomien est marneux.

Tous ces terrains présentent le faciès vaseux, bathyal. C'est la *série autochtone*.

Les terrains mésozoïques des lambeaux de recouvrement appartiennent, par contre, au *type briançonnais*. Le Lias y présente quelquefois des brèches analogues à la brèche du Télégraphe; d'autres fois, il ressemble d'une façon étonnante à celui des environs de Digne. Le Dogger est absent. Le Malm est soit à l'état de calcaire coralligène, soit à l'état de brèche à ciment rouge, identique au marbre de Guillestre. Le Néocomien n'existe qu'en un point, au sommet du Lan, près de Barcelonnette.

En général, ce sont les formations néritiques qui prédominent. C'est la *série exotique*.

Comme en Suisse, la série autochtone et la série exotique sont superposées sur une même verticale. Cependant il est possible, dans l'Ubaye et dans l'Embrunais, contrairement à ce qui a lieu pour les « Klippen » suisses, d'indiquer la direction d'où est est venue la masse en recouvrement et cela rien que par la nature des faciès de la série exotique. Le charriage vient évidemment de la direction du Briançonnais, où se retrouvent des faciès analogues, c'est-à-dire du Nord-Est.

La tectonique des lambeaux de recouvrement vient à l'appui de cette manière de voir. En effet, on y observe des plis dont les charnières sont conservées, des plis en C, ouverts, les anticlinaux vers l'intérieur de la chaîne, les synclinaux vers l'extérieur. Le lambeau du Lan ou Chapeau de Gendarme, près Barcelonnette, est découpé dans un vaste anticlinal couché de Malm, avec noyau de Lias et de Trias, ouvert vers le Nord-Est. Le Morgon, dans sa façade visible de la gare de Prunières, est un immense synclinal de Trias, avec noyau de Lias, ouvert au Sud-Ouest. Il y a cependant des exceptions, sur lesquelles je reviendrai tout à l'heure.

Nous pouvons ainsi déterminer, au moins approximativement, la position du *pli frontal* de la grande nappe charriée à faciès briançonnais, qui s'étend en recouvrement par-dessus le Flysch de l'Embrunais et de l'Ubaye. Il est plus difficile de fixer la position de sa *racine*.

Nous avions cru tout d'abord, M. Kilian et moi, que les lambeaux de recouvrement provenaient d'une nappe dont la racine est visible au milieu du Flysch, sur la rive droite de l'Ubaye, sous la forme d'une lame anticlinale de Trias. Nous avons cependant dû reconnaître bientôt que cette interprétation n'était pas admissible, puisque cette lame est *dans* le Flysch, tandis que les lambeaux de recouvrement sont posés *sur* le même Flysch.

Nous avons pensé ensuite que la nappe supérieure, dont faisaient partie les lambeaux de recouvrement, provenait de l'un ou de l'autre des anticlinaux qui constituent, sous la forme d'un faisceau isoclinal, le bord externe de la zone du Briançonnais, aux environs de Réotier et de Champcella, et il est fort probable que les masses exotiques de marbre de Guillestre qui forment les cimes de la Pusterle et de Chabrières, sur la rive droite de la Durance, ont réellement cette origine. Par contre, cette interprétation ne peut s'appliquer aux masses situées sur la rive gauche, car il existe deux faciès, qui jouent un rôle très important dans les lambeaux de l'Ubaye, mais qui sont totalement inconnus dans toute la zone du Briançonnais. Ce sont d'abord les argilolithes rouges et vertes, par quoi est représenté le Trias supérieur dans tout le massif du Morgon; ce sont, ensuite, les calcaires et les brèches à grandes Nummulites (*N. millecaput* Boubée = *complanatus* aut., *N. aturicus* Joly et Leym. = *perforatus* aut.), dont la présence est un des traits stratigraphiques les plus remarquables des masses exotiques du Morgon, des Séolanes, de Talon, du Mourre-Haut et du Gias du Chamois.

C'est la découverte, très inattendue, de quelques lambeaux de ces brèches à grandes Nummulites, que nous avons faite tout récemment près de Saint-Clément, en plein Embrunais, qui nous permet maintenant de préciser, avec beaucoup de

probabilité, l'emplacement de la racine du grand pli couché dont les masses exotiques de l'Ubaye sont des témoins. Ces brèches forment, sur une faible longueur, une intercalation anticlinale au milieu du Flysch. Voilà probablement tout ce qui reste d'un pli immense, qui partout ailleurs est entièrement laminé et séparé de sa racine.

Ce pli supérieur n'était pas le seul dont la racine se trouvât dans la zone du Flysch ; en avant de lui et sous lui il en existe plusieurs autres, qui se manifestent aujourd'hui soit sous la forme de lames de terrains mésozoïques affleurant au milieu du Flysch, sur les flancs des grandes vallées de la Durance et de l'Ubaye, soit sous la forme de pointements anticlinaux, dont les charnières sont nettement visibles.

Vous voyez donc, Messieurs, que les phénomènes de recouvrement de l'Ubaye et de l'Embrunais, signalés par M. Kilian et moi, il y a plus de dix ans, sont dus simplement à l'existence de plusieurs grands plis couchés superposés, formant des intercalations anticlinales dans les puissantes masses de Flysch de la région. Dans ces plis, de nombreuses lacunes dans la succession des couches, constatées aussi bien dans les flancs inverses que dans les flancs normaux, attestent l'intensité des étirements. D'ailleurs, les schistes et les calcaires stratifiés montrent des traces fréquentes du plus extraordinaire laminage.

Des faits de ce genre sont aujourd'hui monnaie courante et je ne me serais pas permis d'en imposer l'exposé à votre attention si d'autres particularités bien plus étranges ne venaient faire de la région des grès de l'Embrunais un pays jusqu'à présent à peu près unique au monde, mais plein d'enseignements, à cause des conséquences que peut avoir pour l'interprétation d'autres régions plissées l'évidence des faits sur lesquels je vais attirer votre attention.

III

Je vous ai dit tout à l'heure que les deux coupures transversales de la Durance et de l'Ubaye entament profondément l'épaisse masse du Flysch, de manière à faire apparaître son soubassement mésozoïque. J'ai insisté sur le caractère dauphinois du Jurassique et du Crétacé; j'ajouterai que ces couches du soubassement sont assez fortement plissées et que leurs plis sont en général déversés vers le Sud-Ouest. Le Flysch éocène et oligocène les recouvre en discordance; il se comporte comme une série transgressive reposant sur un substratum plissé.

Telle était l'interprétation qui avait cours jusque dans ces dernières années; mais mes explorations dans l'Embrunais[1] m'ont donné la preuve certaine que la transgressivité de l'Éocène, qui est la règle dans les régions voisines, n'est ici qu'une apparence, que la discordance est purement mécanique.

J'ai été frappé tout d'abord de l'absence constante de conglomérat de base au contact de la série tertiaire de l'Embrunais et de son substratum, alors que, dans les régions voisines, dans les vallées du Drac et du Verdon, ce conglomérat existe presque toujours. On ne connaît pas davantage, dans le voisinage immédiat du contact, les couches les plus anciennes de l'Eocène des Alpes françaises, caractérisées par les *Nummulites aturicus* et *millecaput*, ni même les couches à *Nummulites contortus*. Par contre, on constate fréquemment que les couches les plus élevées de l'Oligocène, les grès d'Annot, occupent la base de la couverture tertiaire; j'ai observé ce fait par exemple à Embrun et dans les environs du Pont-du-Fossé. D'autres fois, la série débute par les calcaires phylliteux à Globigérines de l'Eocène moyen, et alors ces couches sont énergiquement froissées et laminées; le cas est très fréquent dans l'Ubaye, aux environs de Revel, des Thuiles et de Barcelonnette, et j'ai même pu observer au contact du substratum de superbes miroirs de faille

Mais il y a mieux. Sur de nombreux points les couches jurassiques sous-jacentes sont séparées du Flysch par des intercalations de gypse, dont on suit les affleurements sur d'assez grandes longueurs. J'avais tout d'abord considéré, avec Goret, ces gypses comme calloviens ; je leur avais ensuite attribué une origine épigénique; il n'y a plus de doute pour moi maintenant qu'ils sont en réalité triasiques, car ils sont accompagnés fréquemment de cargneules ou de calcaires identiques à ceux qui représentent, dans le Briançonnais et dans les chaînes subalpines, entre Gap et Digne, le Trias moyen, et je les ai même vus associés, aux Touisses, près Réallon, aux quartzites du Trias inférieur. Ailleurs, ce sont des lames de Jurassique supérieur qui séparent le Flysch du substratum.

J'ai tiré, dès 1899, de cet ensemble d'observations les conclusions suivantes : *Le Flysch de l'Embrunais ne se trouve pas sur le Jurassique du soubassement en repos normal, mais il a été amené dans sa position actuelle par un charriage qui a entraîné dans sa marche de véritables lambeaux de poussée triasiques et jurassiques*, c'est-à-dire des anticlinaux sous-jacents étirés en lames discontinues ou tout au moins privés de leur racine.

Depuis le jour où j'ai fait la constatation de la

[1] E. Haug : Feuille de Gap (la nappe charriée de l'Embrunais). C. R. des collab. pour la campagne de 1899. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 73, p. 103. 1900.

superposition anormale du Flysch à son soubassement, toutes mes observations sont venues confirmer mes conclusions. J'ai retrouvé des lames de Trias en un très grand nombre de points, précisément à l'endroit où elles devaient se trouver. Plusieurs courses, entreprises avec M. Kilian dans le but de suivre la ligne de contact, nous ont permis de vérifier la justesse de mon interprétation dans toute l'Ubaye et jusque sur la frontière italienne.

Les profondes coupures du Haut-Drac, de la Durance, de l'Ubaye et les nombreuses vallées latérales ont, en quelque sorte, disséqué la région, de telle sorte que la surface de charriage est coupée par la surface topographique suivant des lignes d'intersection extrêmement compliquées, formant des angles rentrants dans toutes les vallées. On suit ainsi, dans l'Embrunais, la ligne de contact anormal depuis Ancelle jusqu'à Châteauroux, sur la rive droite de la Durance, et depuis Châteauroux jusqu'au torrent de Bragous, sur la rive gauche. Sur les flancs des vallées latérales de Réallon, des Orres et de Boscodon, le contact est marqué par des lames de gypses, de cargneules et de calcaires triasiques, qui ont une épaisseur très variable et peuvent former de véritables falaises. Dans la vallée de l'Ubaye, on suit de même le contact depuis le col de Famouras jusqu'à Jausiers, sur la rive droite, mais à des altitudes très variables et avec des intercalations de lames de gypse très réduites. Sur la rive gauche, j'ai pu suivre avec M. Kilian la ligne de discontinuité sur le versant nord du vallon de Clapouse jusqu'au col qui sépare le Gerbier de l'Empeloutier; nous avons constaté qu'elle descend aux cabanes des Sagnes, où deux lambeaux de Malm fortement étirés jalonnent le contact, et qu'elle gagne ensuite le Lauzanier et la frontière italienne, où une lame de cargneules triasiques sépare le Flysch charrié des grès d'Annot autochtones. Ici j'ai pu compléter nos observations au moyen de celles que M. Portis a publiées sur les environs d'Argentera. La ligne de contact anormal descend vers cette localité; elle passe donc en arrière du massif cristallin du Mercantour, marquant toujours la limite de la série en place et de la série charriée.

J'ai suivi de même la ligne d'affleurement du plan de charriage vers le Nord. A partir d'Ancelle, une masse de grès d'Annot renversée est charriée sur le soubassement autochtone, constitué soit par du Flysch, soit par du Bajocien, soit par du granite. La ligne de contact passe ainsi par le Pont-du-Fossé, par le confluent des deux Dracs et longe ensuite le versant nord-ouest de l'arête des Alibrandes, entre Champoléon et Orcières. Finalement, elle sépare le Tertiaire charrié d'un coin granitique qui, d'après les levés de M. Termier, se soude plus au nord au granite du Pelvoux.

Il est donc certain que la ligne de contact anormal passe derrière le massif cristallin du Pelvoux, tout comme, vers le Sud-Est, elle passe derrière le Mercantour.

L'érosion permet également de se rendre compte de l'extension du charriage dans le sens transversal, perpendiculaire à la direction générale des plissements. La ligne de contact anormal dont je viens d'indiquer le trajet ne marque pas la limite extrême du charriage vers l'extérieur de la chaine. En avant d'elle, il existe, sur la rive droite de l'Ubaye, — abstraction faite de petits lambeaux très nombreux situés sur la rive gauche, — des témoins très étendus de Flysch charrié, séparés par l'érosion de la nappe principale.

Le soubassement des Séolanes est une masse très puissante de Flysch, tenant au soubassement, également charrié, du Morgon par un pédoncule très étroit qui traverse l'Ubaye en aval de Revel. La preuve du charriage est fournie ici aussi par la présence de lames discontinues de gypse triasique intercalées entre le Jurassique ou le Tertiaire autochtones et le Flysch qui supporte les Séolanes. Une de ces lames se voit très nettement de Barcelonnette, sous les petites Séolanes, toute blanche au soleil levant.

Entre les Séolanes et le Lan, on compte de nombreux témoins de minimes dimensions, formés de calcaires à Globigérines bartoniens très laminés, posés soit sur les terres noires calloviennes, soit sur le Flysch noir priabonien.

Le Lan lui-même, ce témoin imposant du pli couché supérieur, est séparé de son soubassement autochtone par des lames fortement étirées de Flysch charrié et de Trias.

Enfin, les lambeaux de recouvrement du Gias du Chamois et du Mourre-Haut s'appuient sur une masse énorme de Flysch, qui, sur une longueur de 14 kilomètres et sur une largeur variant de 6 kilomètres à 500 mètres, repose, soit sur le Jurassique, soit sur les grès d'Annot autochtones. Ce Flysch a été considéré par M. Léon Bertrand comme faisant suite normalement aux grès d'Annot et comme représentant, par conséquent, le terme le plus élevé de la série nummulitique des Alpes-Maritimes; je suis en mesure d'affirmer qu'il est également charrié. En effet, sur toute la périphérie du témoin de Flysch, des lames discontinues de quartzites, de calcaires et de cargneules triasiques, associées même à du Lias et à du Malm, jalonnent le contact avec le substratum. Dans les parois rocheuses de Ventebrun, de Rémezine et du col de la Gypière, les calcaires triasiques présentent des replis multiples, dont les charnières anticlinales tournent

leur convexité vers le Sud et vers l'Ouest. La poussée semble donc être venue du Nord-Est. C'est aussi la direction qu'accusent les charnières des lames anticlinales des Orres et de la montagne des Crottes.

L'existence de tous ces témoins de la nappe du Flysch charrié, épargnés par l'érosion, indique bien l'extension minimum de cette nappe vers le Sud et vers l'Ouest; elle n'indique pas l'extension maximum, et il y a peut-être lieu d'admettre que toute sa partie frontale a été détruite, car on observe en plusieurs endroits, en avant du front *actuel* de la nappe, des imbrications dans le soubassement autochtone, qui pourraient suggérer l'idée, suivant l'heureuse expression de M. Termier, d'un « traîneau écraseur » arrachant des lames du substratum. Je ne m'explique pas autrement la bande étroite de Trias qui sépare deux masses de Flysch, en longeant la rive droite du torrent de Champanastays, au sud du Lauzet, ni les imbrications avec poussée vers le massif du Pelvoux qu'a décrites M. Pierre Lory au sud du Chaillol.

Dans un autre ordre d'idées, le fait que le grand témoin qui supporte le Mourre-Haut arrive vers le Sud jusqu'au col de la Moutière, et vers l'Est jusqu'au col de Pelouse nous indique nettement que la nappe recouvrait tout au moins l'extrémité septentrionale du massif du Mercantour, de manière à rejoindre sa racine dans la vallée de la Stura. Aucun fait analogue ne nous permet de supposer, dans l'état actuel de nos connaissances, que la nappe de l'Embrunais ait recouvert partiellement le massif du Pelvoux.

IV

Connaissant l'extension minimum du charriage vers l'extérieur des Alpes, on doit chercher à préciser où se trouve l'emplacement de la racine du Flysch charrié, de manière à pouvoir évaluer la largeur minimum sur laquelle s'est étendu le recouvrement.

Les marnes jurassiques du soubassement semblent, au premier abord, disparaître à Châteauroux, car, à partir de cette localité, la Durance n'entame plus que du Flysch jusqu'au Plan-de-Phazy et jusqu'à Réotier, en amont. Là apparaissent des couches triasiques et liasiques que l'on serait tenté de croire autochtones. On pourrait évaluer, d'après ces données, la largeur de la racine à 6 kilomètres. Mais, en réalité, elle est bien moindre et en voici la raison. J'ai découvert il y a deux ans, en aval de Saint-Clément, dans le lit du torrent de Couleau, à 1 kilomètre environ de la route nationale, un affleurement de marnes noires bathoniennes ou calloviennes, identiques à celles qui forment la plus grande partie du soubassement de l'Embrunais. Entre ces marnes, manifestement autochtones, et la couverture de Flysch, j'ai rencontré, comme c'est presque la règle dans la région, une mince lame de cargneules triasiques. Le Flysch est donc ici encore charrié, et le petit affleurement du ravin de Couleau n'est autre chose qu'une *fenêtre*, dans le sens que M. Suess attribue à ce terme, c'est-à-dire une ouverture pratiquée par l'érosion dans une masse charriée et permettant d'apercevoir le substratum. Et cette « fenêtre » n'est guère à plus de 2 kilomètres des affleurements triasiques et liasiques de Réotier, qui présentent le faciès briançonnais dans toute sa netteté !

Il résulte de cette découverte assez inattendue que, si les plis mésozoïques de Réotier et du Plan-de-Phazy sont réellement en place, la racine de la grande nappe charriée du Flysch de l'Embrunais se trouverait réduite, par le laminage qu'elle a subi, à une largeur de 2 kilomètres et que, de plus, les terrains jurassiques à faciès dauphinois autochtones seraient rapprochés d'autant, par les compressions latérales, des terrains à faciès briançonnais.

Je ne puis me résoudre à admettre qu'il en est réellement ainsi, car le Flysch de l'Embrunais et celui du bord du Briançonnais sont en parfaite continuité au sud de Risoul, de sorte que les anticlinaux mésozoïques qui les séparent au nord de cette localité ne sont, sans doute, pas autre chose que des têtes redressées de grands anticlinaux couchés, dont la racine droite doit être cherchée en profondeur assez loin au Nord-Est de leur zone d'affleurement actuelle. De même, la voûte à noyau de quartzites triasiques et de porphyrite, que met à nu la gorge du Guil et que M. Kilian envisage comme étant en place, n'est vraisemblablement que le flanc normal d'un pli couché situé en profondeur. Il est impossible de dire actuellement où est la racine de tous ces anticlinaux; on ne peut pas indiquer jusqu'où, vers le Nord-Est, s'étend la nappe de Flysch qui englobe et supporte ces mêmes plis; on ne peut pas davantage affirmer que les terrains autochtones, à faciès dauphinois, ne pénètrent pas en profondeur sous ce Flysch charrié, de manière à passer sous Guillestre, sous Saint-Crépin, en d'autres termes sous le bord externe du Briançonnais, rejoignant ainsi, à une distance que nous pourrons peut-être un jour évaluer approximativement, la zone à jamais cachée à nos yeux où s'effectue le passage latéral du faciès dauphinois au faciès briançonnais.

Mais revenons à des faits d'observation. Si nous ne tenons compte que des recouvrements réellement constatés, nous pouvons assigner à la zone de charriage du Flysch une largeur minimum de

25 kilomètres. En fait, cette largeur était probablement au moins double. Il semble toutefois qu'elle n'a pas été partout aussi considérable et que ces évaluations ne se rapprochent de la réalité que dans la partie axiale de la dépression de l'Embrunais, dans une zone transversale qui est à égale distance des aires surélevées du Pelvoux et du Mercantour. Vers le Nord, en approchant du massif cristallin du Pelvoux, l'étendue du charriage est certainement bien moindre. Dans la vallée d'Ancelle, nous pouvons encore l'évaluer à un minimum de 6 kilomètres, grâce à la présence de deux « fenêtres » qui laissent apparaître, sous le Flysch charrié, deux lambeaux de poussée de Malm et les marnes noires du Jurassique moyen autochtone.

Plus au Nord, dans la vallée d'Orcières, l'érosion ne met plus à nu le soubassement du Flysch, mais l'existence, à Prapic, de plis en retour (« Rückfaltung ») montre qu'un obstacle devait s'opposer à la propagation du charriage. Puis on arrive, en se dirigeant vers le Nord-Est, dans le vallon de la Biaisse, où le substratum des terrains nummulitiques est de nouveau visible, grâce à l'immense cirque de Dormillouse; mais *ici toute trace de charriage a disparu*, car des couches éocènes fossilifères reposent normalement et en transgression sur des schistes cristallins et sur des restes de dépôts secondaires. La coupe est à peu près la même que dans le vallon du Fournel et que sur le bord oriental du massif du Pelvoux. M. Termier a envisagé avec raison tous ces terrains comme étant en place.

Malgré le recouvrement probable de la partie septentrionale du massif du Mercantour par le Flysch charrié, on peut conclure que le charriage a atteint son maximum dans l'espace compris entre les deux massifs cristallins, tandis qu'en arrière d'eux la même zone du Flysch est en place. Ainsi se trouve vérifié le résultat que j'annonçais au commencement de cette conférence : dans la « région des grès de l'Embrunais », la zone du Flysch ou zone des Aiguilles d'Arves est charriée sur la zone du Mont Blanc.

La zone du Briançonnais est à son tour charriée sur la zone des Aiguilles d'Arves, comme l'ont démontré les belles recherches de M. Termier, et le maximum de ce charriage s'est trouvé atteint au Nord de la région dont je viens de vous entretenir, dans le Briançonnais même. Les plis couchés du Briançonnais cachent presque entièrement la zone du Flysch, qui est réduite, en arrière du Pelvoux, à une très faible largeur. Le même fait se reproduit en Italie, en arrière du Mercantour, dans le prolongement vers le Sud-Est de la même zone; il est donc probable que, là aussi, le Flysch s'enfonce sous la zone du Briançonnais. On a l'impression que le charriage du Briançonnais atteint son maximum précisément aux endroits où celui de la zone du Flysch est réduit à zéro, comme si les deux mouvements, résultat d'une même poussée, s'étaient compensés.

Mais, avant d'aborder les enseignements théoriques qui découlent de l'étude de l'Embrunais et de l'Ubaye, il me reste à vous faire connaître une dernière particularité de la tectonique de ces régions, qui nous révèlera une nouvelle phase de leur histoire.

Je vous ai montré que la ligne d'affleurement de la surface de contact anormal qui sépare les terrains autochtones du Flysch charrié trace un contour sinueux sur les flancs des deux vallées principales, décrivant des angles rentrants au passage de toutes les vallées latérales. Ce contour ne suit qu'exceptionnellement une courbe de niveau.

A Châteauroux et à Jausiers, il coupe le thalweg de la Durance et celui de l'Ubaye respectivement aux cotes 800 et 1.250 environ. De ces points il s'élève graduellement, dans chacune des deux vallées, jusqu'aux altitudes maxima de 1.600 mètres, dans le premier cas, et de 2.000 mètres, dans le second. Mais dans l'Ubaye, et en particulier sur la rive droite, la ligne d'affleurement s'élève très irrégulièrement, passant successivement par des maxima et des minima d'altitude, oscillant à deux reprises entre la cote 2.000 et le niveau de la vallée, au-dessous duquel elle se meut même un instant. Des oscillations de moindre amplitude s'observent dans la vallée de la Durance.

Il résulte de ces faits que la surface de base du Flysch charrié n'est pas un simple plan incliné : c'est une surface fortement ondulée, présentant des anticlinaux et des synclinaux, comme le ferait le contact normal de deux couches plissées. N'était l'heure qui presse, je pourrais vous démontrer que l'axe de ces plis est dirigé N.W.-S.E., perpendiculairement à la direction du charriage. Mais ce n'est pas tout, car la nappe supérieure qui repose sur le Flysch charrié a subi ces mêmes ondulations. Elle n'a subsisté que dans les régions synclinales, sous la forme de lambeaux de recouvrement épargnés par l'érosion. Dans sa région frontale, elle se digite et se décompose en plusieurs plis superposés, couchés même au delà de l'horizontale, comme c'est le cas dans la partie est du massif du Morgon. Quelques-uns de ces plis sont repliés à leur tour ; il en résulte, l'érosion intervenant, de « faux synclinaux », c'est-à-dire des synclinaux dont le noyau est plus ancien que les flancs, des apparences de synclinaux de Lias encastrés dans le Flysch, quelquefois avec noyaux de Trias. En réalité ce sont des têtes d'anticlinaux retournés[1].

[1] E. de Margerie et A. Heim : *Les dislocations de l'écorce terrestre*, p. 63.

Ces complications extraordinaires, dont M. Kilian et moi nous poursuivons l'étude depuis plusieurs années, ne peuvent s'expliquer que si l'on admet un nouveau plissement postérieur à l'empilement des plis couchés et postérieur au charriage.

V

Voici, en résumé, comment je m'imagine la succession des phénomènes qui ont donné à la région de l'Embrunais et de l'Ubaye son extraordinaire complication.

Des plissements anténummulitiques, comparables à ceux dont on peut reconstituer les directions dans les chaînes subalpines de Gap et de Digne, ont certainement affecté le pays qui nous occupe. Pendant la période d'émersion correspondante, il s'est formé une pénéplaine sur laquelle s'est étendue ensuite la mer éocène, car les dépôts lutétiens, bartoniens ou priaboniens reposent en transgression sur des couches d'âges très divers, voire même sur les terrains cristallins. A l'Oligocène, les massifs du Pelvoux et du Mercantour devaient déjà commencer à émerger, car les galets de granite et de micaschiste sont assez communs dans les sédiments de cette époque.

C'est vraisemblablement après l'Oligocène que sont entrées en jeu, dans le Briançonnais, les forces orogéniques dont l'effort se traduit aujourd'hui par des plissements dirigés en moyenne N.W.-S.E., donnant lieu tout d'abord, et sans doute en profondeur seulement, à des plis isoclinaux déversés vers l'extérieur de la chaîne. Peu à peu, les poussées continuant à agir toujours dans la même direction, les plis ont dû s'allonger, se coucher, se superposer.

A ce moment les premiers étirements ont dû se produire, et c'est alors aussi que l'hétérogénéité de l'avant-pays a commencé à exercer une action directrice sur la propagation du phénomène de plissement. Dans l'axe de la région comprise entre le Pelvoux et le Mercantour, la propagation était facile; mais, sur les bords, elle était gênée par la présence de ces deux massifs d'ancienne consolidation, de sorte que les plis se sont trouvés déviés, décrivant des sinuosités à concavité tournée vers l'intérieur de la chaîne, tangentes aux deux dômes cristallins. Bien plus, l'aire qui est aujourd'hui l'Embrunais et l'Ubaye formait une dépression vers laquelle pouvaient s'écouler les masses sollicitées par les poussées tangentielles. De grandes ruptures se produisirent dans les plis couchés, les parties normales des anticlinaux cheminèrent davantage que les parties inverses, qui restèrent en profondeur. La masse du Flysch, sous le poids de laquelle s'effectuaient ces déformations, fut entraînée dans le mouvement et charriée dans la dépression. En même temps, quelques plis furent entièrement étirés et privés de toute continuité avec leur racine; leurs lambeaux furent englobés dans le charriage, formant maintenant des lames jalonnant la surface de recouvrement ou intercalées dans la masse de Flysch. Le soubassement lui-même fut raboté et, par places, emporté dans le mouvement.

Postérieurement à ces phénomènes, toute la région subit une striction générale; elle est plissée, comme le serait une série de couches concordantes et horizontales; il se forme des plis droits ou légèrement déjetés vers le Sud-Ouest, parallèles à la direction des grands plis couchés.

C'est à ces derniers plissements qu'est due sans doute la surélévation définitive de la région; aussi les agents atmosphériques entrent-ils en jeu : les vallées se creusent et, jusqu'à nos jours, les torrents exercent leurs dévastations.

L'immense organisme que nous avons vu naître est disséqué profondément et nous pouvons maintenant étudier les complications extrêmes de sa structure interne.

Nos études communes nous permettent aujourd'hui, à M. Kilian et à moi, d'apprécier tout autrement la constitution géologique de l'Ubaye que ne le faisait, en 1887, Goret, qui la qualifiait de « très embrouillée en apparence, relativement simple en réalité ». C'est précisément l'inverse qui est vrai.

Je vous ai dit en commençant que Goret expliquait par des failles les difficultés tectoniques de la région.

Je crois vous avoir montré que c'est le phénomène de plissement, dans ce qu'il y a de plus intense, qui prédomine.

Je vous ai rappelé aussi que Charles Lory considérait, encore en **1884**, les masses exotiques de l'Embrunais comme des îles dans la mer éocène, alors qu'il est certain maintenant que ce sont des lambeaux de recouvrement.

Toutes les idées que nous avions il y a vingt ans sur les *Alpes occidentales* se sont ainsi trouvées bouleversées grâce à l'impulsion vigoureuse donnée à la géologie alpine par nos trois grands maîtres, Suess, Heim et Marcel Bertrand.

Permettez-moi, Messieurs, de me demander si un bouleversement analogue n'attend pas la géologie des *Alpes orientales* et peut-être celle de mainte autre chaîne de montagnes. Là aussi la simplicité est encore considérée comme la règle, la faille supplée trop souvent à l'insuffisance des observations, comme chez nous au temps de Lory. Qui sait comment on interprétera, dans vingt ans d'ici, la structure des Alpes orientales?

Emile Haug,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences
de l'Université de Paris.

LES VENINS CONSIDÉRÉS DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA BIOLOGIE GÉNÉRALE ET LA PATHOLOGIE COMPARÉE

Depuis quelques années, l'étude des venins a pris une extension considérable, et nos connaissances sur cette question se sont accrues d'une manière rapide, grâce aux nombreux travaux entrepris dans cette voie par les biologistes. L'intérêt de ces recherches ne réside pas seulement dans les faits nouveaux apportés par l'analyse des propriétés physiologiques; à ce point de vue, les venins ne diffèrent des poisons organiques ou minéraux que par leur complexité. Nous savons, en effet, qu'ils sont constitués par un mélange de plusieurs substances, dont nous pouvons affirmer l'existence par la dissociation de leurs effets physiologiques, et que, dans quelques cas, on a réussi à isoler.

L'étude des venins constitue, en outre, un chapitre important dans l'histoire des rapports biologiques des êtres vivants. Dans la lutte pour l'existence, le venin joue un rôle considérable chez certaines espèces, comme chez les serpents venimeux, où il est spécialement utilisé à la capture et à la digestion de la proie. Mais, en même temps, c'est une arme de défense, qui sert à protéger l'individu contre la destruction par des espèces plus vigoureuses ou plus agiles. Avec de pareils moyens de conservation, les espèces venimeuses, en général très fécondes, ne tarderaient pas à prédominer d'une manière excessive si l'équilibre n'était rétabli par l'intervention d'autres espèces qui en font impunément leur nourriture. Parmi ces ennemis naturels, il en est même, comme le Hérisson et la Mangouste, qui possèdent vis-à-vis des venins une immunité considérable. D'autres animaux, au contraire, y sont très sensibles et, entre ces deux extrêmes, il y a tous les intermédiaires. L'action physiologique et la virulence des venins varie suivant leur origine et suivant le degré de résistance des espèces inoculées.

L'étude de ces variations, de leurs causes et de leurs effets rentre dans le domaine de la Pathologie comparée, au même titre que celle des rapports réciproques entre les espèces et leurs parasites. C'est ainsi que la Pathologie comparée peut être considérée comme une des branches de la Biologie générale.

Envisagée sous ce rapport, l'étude des venins offre un vaste champ d'observation, que les limites de cet article ne me permettent pas d'explorer complètement : je me bornerai à jalonner la route en signalant les nouveaux points de vue mis en lumière par les recherches récentes.

I. — Les Venins et l'Évolution.

Le nombre des espèces qui sécrètent des poisons, depuis les Protozoaires jusqu'aux Vertébrés, est vraiment prodigieux, et la variété de ces poisons est au moins aussi grande que celle des formes extérieures.

Un mécanisme physiologique aussi répandu dans la série animale devait avoir une utilité pour l'espèce, et la plupart des biologistes admettent, pour en expliquer le développement, l'hypothèse darwinienne. Une variation accidentelle, d'abord rudimentaire, s'est perfectionnée par sélection naturelle pour mieux s'adapter aux besoins de l'attaque et de la défense. Cependant, beaucoup d'animaux possèdent du venin qui ne peuvent s'en servir ni pour l'attaque ni pour la défense : c'est le cas des couleuvres; il en est d'autres chez qui le venin sert à la défense, mais d'une manière indirecte, sans que l'individu qui le possède intervienne en quoi que ce soit pour le faire servir : c'est le cas des Batraciens qui sont venimeux sans le savoir. La finalité des sécrétions venimeuses ne semble donc pas régie uniquement par les besoins de l'attaque et de la défense. Il y a deux manières d'interpréter la signification de ces appareils rudimentaires : ou bien ce sont des organes atrophiés par défaut d'usage, ou bien ce sont des organes avant tout utiles à l'organisme qui, chez quelques espèces, se sont adaptés à une nouvelle fonction.

Dans la première alternative, on ne s'expliquerait pas pourquoi le venin, devenu inutile pour l'animal, continuerait à être sécrété d'une manière si active. La seconde hypothèse me paraît plus logique. Comment ne pas supposer, en effet, qu'une substance, dont la production, localisée dans une glande, est susceptible de varier suivant l'*espèce*, le *milieu* et la *saison*, doit jouer un rôle important dans la nutrition et qu'elle est indispensable à la *conservation de l'individu* avant d'être utilisée à la *conservation de l'espèce*. Dans ce cas, le rôle offensif ou défensif des glandes venimeuses résulterait d'une adaptation secondaire, et leur fonction principale serait d'ordre physiologique.

A ce point de vue, les glandes venimeuses sont soumises aux lois qui régissent les autres glandes : l'activité et la nature de leur sécrétion dépendent des conditions physiologiques et, en particulier, des processus nutritifs ; l'activité de ces glandes retentit, à son tour, par le mécanisme de la sécré-

tion interne et des corrélations fonctionnelles, sur l'équilibre général de l'organisme.

D'après cette manière de voir, il existerait, entre la composition chimique des venins et le mode d'alimentation de l'animal, une relation étroite, et cela expliquerait non seulement les grandes différences que l'on trouve entre les venins d'espèces voisines, mais encore les variations dans une même espèce, suivant les conditions de régime et de milieu. Les variations physiologiques de l'espèce se traduisent surtout par des variations chimiques dans la composition des humeurs, et, à ce point de vue, l'analyse comparative des venins peut fournir des documents intéressants.

II. — Composition chimique des venins.

Si, au point de vue chimique, nos connaissances sur les venins de nature albuminoïde sont restées à peu près stationnaires, nous sommes un peu plus avancés en ce qui concerne les venins dont l'activité est due à des principes différents des albuminoïdes ou des diastases. En 1889, avec M. le Professeur Arnaud, j'ai isolé, du venin pur extrait des glandes cutanées de la Salamandre terrestre, un alcaloïde avec lequel j'ai fait mes premières expériences sur les venins. En 1899, M. Faust a retiré ce même alcaloïde du corps entier des Salamandres, qu'il réduisait en une bouillie épaisse.

Il a fait une analyse de ce corps, en a établi la formule et lui a donné le nom de *salamandridine* pour le distinguer de la salamandrine découverte par Zalesky. D'après Faust, ces deux alcaloïdes, dont la formule ne différerait que par un groupe méthylpyridique, seraient des dérivés de la quinoléine, et la Salamandre fabriquerait dans ses glandes des poisons jusqu'ici considérés comme des produits exclusivement végétaux. C'est là un rapprochement curieux, dont nous avons la contrepartie dans l'origine végétale d'albumoses toxiques comme l'abrine et la ricine, que l'on pourrait, à juste titre, appeler des venins végétaux.

Le venin de crapaud a été récemment l'objet de recherches chimiques qui ont abouti à des résultats nouveaux et intéressants. Quand on analyse sur la grenouille les symptômes de l'intoxication par le venin du *Bufo vulgaris*, on constate que les phénomènes principaux (arrêt du cœur en systole et paralysie du système nerveux) ne sont pas nécessairement solidaires et que, dans certains cas, ils peuvent être dissociés. C'est ainsi qu'une solution de venin qui a été agitée avec du chloroforme perd une grande partie de sa toxicité; elle détermine de la paralysie sans arrêter le cœur. Le sérum de crapaud, à faible dose, produit le même résultat. Ces observations m'ont suggéré l'idée que le venin de crapaud contient deux substances, dont l'une agit plus spécialement sur le système nerveux et l'autre sur le cœur. Ces deux substances existent, en effet, et j'ai réussi à les séparer par la dialyse.

Une solution laiteuse de venin, obtenue en comprimant les parotides dans l'eau distillée, est chauffée à l'ébullition; après refroidissement, il se fait un dépôt et le liquide opalin est versé dans un dialyseur en collodion qu'on plonge dans l'eau distillée. Celle-ci est retirée au bout de deux ou trois jours et remplacée par une nouvelle quantité d'eau; on peut ainsi recueillir le produit de plusieurs dialyses successives et en étudier les propriétés sur la grenouille. Or, tandis que les substances qui ont passé à la première dialyse ont la même action physiologique que le venin entier, celles de la seconde dialyse ont perdu en grande partie leur pouvoir toxique pour le cœur et celles de la troisième et de la quatrième dialyse l'ont perdu totalement : elles paralysent l'animal sans arrêter le cœur, de telle sorte que la grenouille semble intoxiquée par le curare. Après ces dialyses multiples, la solution de venin qui reste dans le dialyseur ne contient plus de poison cardiaque. Il résulte de ces faits que le venin de crapaud contient deux principes actifs différents, mélangés en proportions inégales et séparables par la dialyse. Ce sont ces principes que j'ai isolés et caractérisés en collaboration avec M. Gabriel Bertrand. Pour extraire et séparer les constituants actifs du venin de crapaud, on opère de la manière suivante : La tête de ces Batraciens étant maintenue sous l'eau, on exprime avec les doigts ou avec une pince le contenu des glandes parotides. On recommence la même opération avec un second crapaud, puis avec un troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait suffisamment enrichi l'eau qui sert à dissoudre le venin; on obtient de la sorte un liquide lactescent, acide, qui reste trouble après filtration sur papier. Pour séparer les matières insolubles, on filtre à la bougie de porcelaine, sous pression de 4 à 5 atmosphères. Il reste sur le filtre une substance jaunâtre, à réaction très acide, en partie soluble dans l'éther et le chloroforme, et il passe un liquide clair à teinte légèrement purpurine, à réaction faiblement acide, qui contient les principes solubles du venin. On évapore ce liquide, et, à mesure qu'il se réduit, il devient de plus en plus trouble et brunâtre; après refroidissement, il laisse déposer un précipité blanc, grisâtre. On sépare celui-ci par filtration, on le lave à l'eau, puis on le redissout dans l'alcool absolu ou le chloroforme; il se sépare alors un peu de matières albuminoïdes, et le liquide rendu limpide par filtration est évaporé complètement à sec.

Le corps obtenu de cette façon est un des principes actifs du venin, celui qui agit sur le cœur de

la grenouille et l'arrête en systole. Il se présente sous l'aspect d'une résine transparente, presque incolore, dont la composition centésimale répond à la formule brute $C^{110}H^{117}O^{25}$. Nous avons adopté pour ce corps le nom de *bufotaline*, que Faust a donné à une substance retirée par lui de l'extrait alcoolique des peaux de crapaud. La bufotaline de Faust répond à la formule $C^{17}H^{23}O^{5}$. Malgré cette composition différente, nous croyons avoir affaire absolument au même principe. La bufotaline de Faust était probablement souillée par un corps acide, car la nôtre est tout à fait neutre.

La bufotaline pure est très soluble dans l'alcool, le chloroforme, l'acétone, l'acétate d'éthyle et l'acide acétique, moins soluble dans l'éther, très peu soluble dans le tétrachlorure de carbone, insoluble ou presque insoluble dans le sulfure de carbone et le benzène et dans l'éther de pétrole. Lorsqu'on ajoute de l'eau à sa solution alcoolique, elle se précipite en donnant une émulsion blanche, qui finit par se dissoudre dans un grand excès d'eau. Bien que très diluée, elle a une saveur fortement amère et laisse sur la langue une sensation spéciale très persistante.

Le second principe actif du venin, celui qui agit sur le système nerveux et détermine la paralysie, reste dans l'extrait aqueux d'où l'on a séparé le poison cardiaque; il renferme encore une certaine quantité de celui-ci et quelques autres substances, parmi lesquelles une matière albuminoïde et du chlorure de sodium. Pour le purifier, on le reprend par l'alcool à 96°; la solution filtrée est distillée, et le résidu dissous dans l'eau est déféqué par le sous-acétate de plomb et l'hydrogène sulfuré.

On obtient de la sorte une solution peu colorée, qu'on épuise successivement par le chloroforme, pour extraire le poison cardiaque, et par l'éther, qui enlève presque tout l'acide acétique. Ce nouveau principe, que nous appelons *bufoténine*, se trouve dans le résidu de la solution évaporée à sec dans le vide.

En résumé, le venin de crapaud commun doit son activité à la présence de deux substances principales : la *bufotaline*, de nature résinoïde, soluble dans l'alcool, mais peu soluble dans l'eau : c'est le poison cardiaque, et la *bufoténine*, très soluble dans ces deux dissolvants : c'est le poison du système nerveux.

Avec ces venins de Salamandre et de Crapaud, qui résistent à la chaleur et sont solubles dans l'alcool, nous voilà loin des ferments si répandus dans la plupart des autres venins. Nous nous en éloignons encore davantage avec les venins de certains Myriapodes.

Au commencement du siècle dernier, Latreille, le savant entomologiste qui succéda à Lamark, a signalé l'odeur particulière qu'exhalent les Myriapodes, mais il n'en connaissait pas l'origine. C'est P. Savi qui, en 1823, a montré qu'elle est due à un suc jaune excrété par des orifices situés, chez le *Julus communis*, sur les parties latérales de chaque anneau et auxquels aboutissent les canaux de petits sacs glandulaires. Il en comparait l'odeur à celle du chlore gazeux, mais il n'a pas élucidé la nature de cette sécrétion.

C'est au travail de Guldensteeden-Egeling, paru en 1882, que nous devons la première notion précise sur la composition chimique du venin d'un Chilognathe qui vit dans les serres d'Utrecht et d'Amsterdam. Ce myriapode, très voisin du *Fontaria gracilis* (Koch), développe, quand on l'excite et surtout quand on l'écrase, une odeur d'huile d'amandes amères. Le chimiste hollandais démontre par une analyse méthodique que ce myriapode fabrique une substance qui se décompose pour donner de l'acide cyanhydrique. Le dédoublement se ferait sous l'influence de l'eau et d'un ferment qui résisterait à l'action de l'alcool, du benzène et de l'éther de pétrole et perdrait son activité sous l'influence de l'éther et du chloroforme.

S'il en est ainsi, le ferment doit être localisé dans des cellules spéciales, comme nous savons que cela existe chez les Amygdalées et les Crucifères, depuis la belle découverte du Professeur Guignard.

Quoi qu'il en soit, il est probable que le dédoublement ne s'opère qu'en dehors de l'organisme et que l'acide cyanhydrique n'existe pas à l'état libre dans la glande. On s'expliquerait ainsi pourquoi les Polydesmes, qui, d'après Wheeler, fabriquent aussi l'acide cyanhydrique, ne seraient pas immunisés contre ce poison. Un zoologiste américain, O. F. Cook, dit que des Polydesmes enfermés dans une boîte où ils ont sécrété leur poison, meurent de celui-ci. Cette observation mériterait d'être contrôlée et précisée.

D'après ce même zoologiste, une espèce de *Polyzonium* sécrète un liquide laiteux qui a l'odeur et la saveur du camphre.

Les produits sécrétés par les Myriapodes sont donc aussi nombreux que variés, et nous en avons un nouvel exemple dans un myriapode très répandu dans la vallée du Rhône, le *Schizophyllum Mediterraneum* (Latzel), dont j'ai particulièrement étudié la sécrétion venimeuse. Celle-ci est un liquide jaune, qui imprègne la peau et dont l'odeur forte et piquante persiste plusieurs heures. Pour la recueillir en quantité appréciable, on place l'animal enroulé sur lui-même dans une soucoupe en porcelaine, contenant un peu d'eau distillée, puis on presse légèrement sur les anneaux avec le dos d'un scalpel. On voit presque immédiatement sourdre de petites gouttelettes jaunâtres à l'endroit com-

primé : le réflexe est limité à quelques anneaux et se produit des deux côtés du corps. En excitant de proche en proche les côtés du corps, on obtient une sécrétion généralisée qui diffuse dans l'eau et la colore en jaune d'or. La solution obtenue en traitant ainsi une centaine de Schizophylles dans 25 centimètres cubes d'eau distillée est très toxique pour le cobaye à la dose d'un centimètre cube et demi en injection intra-péritonéale. Elle provoque une douleur vive, des hoquets, des efforts de vomissements ; l'animal meurt en moins de dix heures avec tous les symptômes d'une péritonite intense et généralisée. Chauffée à l'ébullition à l'air libre, la solution de venin émet des vapeurs fortement odorantes, qui se condensent en gouttelettes jaunâtres à la partie supérieure du tube, et perd une grande partie de ses propriétés toxiques, tandis que, si elle est chauffée dans une pipette close, elle n'est pas atténuée à la température de l'ébullition.

Que conclure de ces expériences, sinon que le principe actif du venin de cette espèce de Jule n'est pas une substance albuminoïde, et qu'en outre il est volatil. Quelle pouvait être la nature de ce venin ?

M. Béhal, qui en a fait une analyse méthodique, est arrivé à l'identifier avec la quinone, dont il possède les principaux caractères. Nous avons corroboré cette conclusion en comparant l'action physiologique de la quinone à celle du venin, et nous avons constaté qu'elle est absolument identique. Le venin du *Schizophyllum mediterraneum* renferme donc une quinone et très vraisemblablement de la quinone ordinaire. C'est là un fait intéressant et nouveau, en ce qui concerne les Invertébrés. Il est à rapprocher d'un fait de même ordre, observé par M. Beijerinck chez un champignon inférieur saprophyte des racines de certains arbres. Cet auteur a vu que le *Streptothrix chromogenes*, de Gasperini, produit, aux dépens des matières organiques du sol, de la quinone, qui, par ses fonctions oxydantes, jouerait un rôle considérable dans la formation de l'humus. Il n'est donc pas surprenant que notre myriapode, qui se nourrit aussi de détritus végétaux, puisse élaborer cette substance dans ses glandes cutanées.

Quant au rôle physiologique de cette sécrétion, il est encore peu connu ; il est vraisemblable d'admettre que, grâce à son odeur pénétrante, elle est capable d'éloigner nombre d'ennemis et de servir ainsi à ces Myriapodes comme moyen de défense. Mais, en dehors de ce résultat, qui se produit d'une manière réflexe, quelle utilité peut avoir pour l'organisme une substance si différente de celles que nous sommes accoutumés à rencontrer chez les animaux ?

Pour apporter quelque lumière dans cette difficile question, relative aux rapports des venins et de l'organisme, il faut s'adresser à des animaux plus accessibles à l'expérimentation. Les Batraciens, chez qui le rôle défensif des glandes cutanées est, comme chez les Jules, purement passif, sont un excellent objet d'étude pour rechercher si ces poisons pénètrent dans le sang, comment ils s'éliminent ou se transforment, et si, pendant ce passage, ils remplissent une fonction utile à l'organisme. C'est, en un mot, le problème de la sécrétion interne qui se pose à propos des venins.

III. — Venins et sécrétion interne.

Parmi les Batraciens dont le venin ne sert que d'une manière indirecte à la défense de l'animal, je citerai le Crapaud et la Salamandre, qui sont plus particulièrement connus depuis que l'attention a été attirée sur eux par les travaux de Cl. Bernard et de Vulpian. Ces auteurs ont constaté qu'il est très difficile d'empoisonner ces Batraciens par leur propre venin ; mais leurs expériences, dans lesquelles la dose de venin n'était pas mesurée, ne donnent qu'une idée imparfaite de leur immunité naturelle. Mme Phisalix a complété ces premières notions et calculé le degré d'immunité de ces animaux. La Salamandre terrestre est 12 fois plus résistante que la grenouille, 160 fois plus résistante que la souris et 200 fois plus que le chien au chlorhydrate de salamandrine. Quant au crapaud, il est 4 à 500 fois plus résistant que la grenouille à la bufotaline.

Quelle est la cause de cette immunité ? Est-elle due, comme dans l'immunité artificielle, à une accoutumance graduelle ? Pour justifier la comparaison, il était indispensable de démontrer la présence dans le sang des principes toxiques contenus dans les glandes : c'est ce que j'ai fait pour la Salamandre et le Crapaud. Pour ce dernier, dont le venin arrête le cœur en systole, la démonstration est facile : il suffit d'inoculer 1 à 2 centimètres cubes de sérum de crapaud à une grenouille pour provoquer les symptômes caractéristiques de l'empoisonnement par le venin. Il n'y a donc pas de doute : le venin de crapaud circule dans le sang. Reste à préciser, à ce point de vue, les rapports entre les glandes et le sang.

Les premières sont-elles un émonctoire pour les poisons du sang ou, au contraire, un réservoir où le sang puise les principes toxiques dont il est chargé ?

Les récentes découvertes des physiologistes relativement aux fonctions des glandes dépourvues de canal excréteur donnent à cette dernière hypothèse la plus grande vraisemblance. J'ai cherché à la vérifier par l'expérience et j'ai constaté deux ordres

de faits qui la corroborent. Chez la larve de Salamandre terrestre, alors que les glandes cutanées en voie de développement ne contiennent pas de venin, il n'existe pas trace d'un poison analogue à la salamandrine; l'extrait aqueux obtenu par décoction d'un grand nombre de larves est dépourvu de toxicité.

Chez le Crapaud, le venin se trouve non seulement dans le sang, mais encore dans la lymphe en quantité même un peu supérieure à celle du sang. Dans ces conditions, il est impossible d'admettre que le poison de la lymphe vient du sang, au moins en totalité, et il est d'autant plus probable que c'est la glande qui le déverse directement dans la lymphe que cette glande est entourée, comme l'a fait voir M. Ranvier, d'un réseau lymphatique aussi développé que le réseau sanguin et situé en dehors de lui.

Ces observations apportent un solide appui à la théorie de la sécrétion interne des glandes venimeuses : il reste à élucider le rôle et l'évolution de ces poisons dans l'organisme. C'est encore chez le Crapaud que cette étude est le plus facile.

Un premier fait à noter, c'est que, malgré la continuité de la sécrétion interne, le venin ne s'accumule pas dans le sang. La proportion qu'on y trouve est toujours à peu près la même : c'est une dose capable de tuer de 2 à 4 grenouilles; elle est donc très faible si on la compare à celle qui est nécessaire pour surmonter la résistance propre du crapaud et qui est au moins 100 fois plus élevée. Il faut donc admettre que le venin disparaît en grande partie au fur et à mesure qu'il entre dans le sang et que l'animal est ainsi protégé contre l'auto-intoxication. Comment le venin disparaît-il? Cette question renferme tout le problème de l'immunité naturelle.

IV. — Venins et Immunité naturelle.

On peut faire deux hypothèses pour expliquer pourquoi le venin ne s'accumule pas dans le sang du crapaud : ou bien il est éliminé par les émonctoires naturels, en particulier par l'urine, ou bien il est détruit ou modifié dans le torrent circulatoire. L'élimination urinaire existe, en effet, et je l'ai constatée dès 1893 : en inoculant 3 à 4 centimètres cubes d'urine de crapaud dans le péritoine d'une grenouille, j'ai obtenu les symptômes caractéristiques de l'empoisonnement par le venin. Mais on pourrait les attribuer à d'autres poisons de l'urine. Aussi, pour limiter les causes d'erreur, j'ai desséché l'urine, repris le résidu cristallin par l'alcool fort et inoculé l'extrait alcoolique à la dose de 5 à 6 centigrammes. Dans ces conditions, j'ai obtenu les mêmes résultats et ils ne sont pas dus à l'urée, car l'expérience m'a montré que l'urée, même à dose double, n'a aucune action sur la grenouille. En outre, le crapaud possède, vis-à-vis de sa propre urine, une immunité qui lui permet de supporter, sans trouble appréciable, une dose triple de celle qui tue la grenouille avec les accidents caractéristiques.

L'élimination par l'urine est donc hors de doute; mais est-elle suffisante à elle seule pour empêcher le venin de s'accumuler dans le sang? Pour s'en rendre compte, il faudrait comparer la quantité de poison fournie au sang par les glandes à celle qui est excrétée par l'urine dans le même temps. Nous n'avons aucun moyen de connaître le premier terme de la comparaison, mais nous pouvons y suppléer par une expérience. Inoculons, dans le sac dorsal d'un crapaud de 40 à 50 grammes, 25 à 30 milligrammes de bufotaline en émulsion dans un peu d'eau alcoolisée; l'animal n'en éprouve aucun malaise; sacrifions-le au bout d'un temps variable et recueillons le sang, la lymphe, les urines; il est évident que, si le poison n'a pas été détruit, on doit le trouver dans le sang ou l'urine en quantité beaucoup plus considérable qu'à l'état normal, et nous pouvons apprécier cette quantité par l'inoculation à la grenouille. Comme il suffit de 1/10 de milligramme de bufotaline pour agir sur le cœur de la grenouille et que chaque centimètre cube de sang ou d'urine du crapaud envenimé en contiendrait au moins un demi-milligramme, il faudrait moins d'un quart de centimètre cube de liquide pour obtenir les symptômes caractéristiques. L'expérience montre qu'il n'en est rien. Déjà cinq ou six heures après l'envenimation, le sang, la lymphe et l'urine du crapaud ne sont pas plus toxiques qu'à l'état normal [1]. La conclusion s'impose : le sang et la lymphe de crapaud sont capables de détruire la plus grande partie du venin qui pénètre dans la circulation. Comment s'opère cette destruction? Pour le moment, il est impossible d'en préciser le mécanisme, car l'expérience faite *in vitro* donne un résultat négatif. Un mélange de sérum de crapaud et de bufotaline, en proportions convenables, est aussi toxique pour la grenouille que la bufotaline seule. S'il existe un anticorps, il est peu abondant, et l'on ne peut le mettre en évidence en augmentant la quantité de sérum injecté, car on augmente en même temps la quantité du poison lui-même. Il est possible que la formation de cet anticorps résulte du concours de deux substances, dont l'une n'existerait que sur le vivant; mais il n'est pas invraisemblable d'admettre que le sérum en contient déjà des traces à l'état libre : les faits

[1] La bufotaline ne s'est pas fixée dans le foie : une macération de cet organe reste inactive sur la grenouille.

que j'ai observés sur la Salamandre terrestre viennent à l'appui de cette manière de voir. Cet urodèle possède, comme le crapaud, une grande immunité pour différents poisons. C'est ainsi qu'il est 80 à 90 fois plus résistant que la grenouille à l'action du curare. Or, le sang de Salamandre est manifestement antitoxique vis-à-vis du curare. Je l'ai démontré en 1895, par une série d'expériences faites en collaboration avec Ch. Contejean sur la grenouille verte, et récemment j'ai répété avec le même succès les mêmes expériences sur la grenouille rousse et le cobaye.

Est-ce à dire que l'immunité de la Salamandre pour d'autres poisons soit toujours due à la présence d'une antitoxine libre dans le sang. Evidemment non; c'est ainsi que je n'ai pu déceler dans le sang de cet urodèle un anticorps pour la morphine, dont il supporte, sans inconvénient, des doses considérables.

En réalité, l'existence d'une antitoxine dans le sang chez les animaux doués d'immunité naturelle contre les alcaloïdes ou les glucosides est un fait exceptionnel, et les tentatives pour obtenir la production de ces antitoxines par immunisation progressive ont, presque toujours, échoué. Aussi on peut dire, d'une manière générale, que l'immunité contre ces poisons est surtout une propriété cellulaire, soit que les cellules de l'organisme soient par elles-mêmes insensibles au poison, soit que les leucocytes absorbent ce poison et l'empêchent d'arriver en contact avec les éléments sensibles. Dans l'immunité naturelle contre les venins de nature albuminoïde, l'activité cellulaire joue aussi un grand rôle, mais elle se manifeste souvent par la production d'antitoxines libres dans le sang. Je vais en citer quelques exemples. Depuis les expériences de Bourne, Metchnikoff, Phisalix et de Varigny, on sait que les scorpions possèdent une immunité considérable pour leur propre venin. La croyance au suicide des scorpions entourés de feu résulte d'une observation mal faite, et cette histoire de suicide doit rentrer définitivement dans le domaine de la fable. Ainsi un scorpion possède vis-à-vis de son venin une résistance 150 à 200 fois plus grande que celle du cobaye. Or, il existe dans le sang du scorpion une substance antitoxique contre le venin, et M. Metchnikoff a trouvé qu'il suffit de 0 c. c. 1 de sang de *Scorpion afer* pour neutraliser une dose de venin qui tue la souris en une demi-heure.

Ce fait est à rapprocher des observations analogues faites chez les serpents. Il est d'autant plus intéressant que le venin de scorpion possède, comme je l'ai montré, des propriétés identiques à celles du venin de cobra.

On sait que, chez les Serpents venimeux, l'immunité naturelle atteint des proportions considérables. C'est ainsi que la vipère est environ 600 fois plus résistante au venin que le cobaye. Quelle est la cause de cette immunité? Je pourrais répéter ici tout ce que j'ai dit des Batraciens, et montrer que c'est à la sécrétion interne des glandes et à la présence dans le sang des principes toxiques du venin qu'est due l'accoutumance de l'organisme, accoutumance qui a pour effet de rendre les cellules de l'organisme beaucoup moins sensibles au venin. Mais, à côté de ce mécanisme de protection, il en existe un autre qui consiste dans la présence d'une substance antitoxique dans le sang. On la met facilement en évidence par le chauffage à 58° qui détruit les substances toxiques : du sérum de vipère ainsi chauffé et mélangé au venin annihile les effets de ce dernier. On obtient les mêmes résultats avec le sérum de la couleuvre, qui possède également l'immunité pour le venin. Mais, pour neutraliser la dose mortelle pour le cobaye, il faut 5 à 6 centimètres cubes de sérum, et c'est à peine si une vipère grosse et vigoureuse peut en fournir une pareille quantité. Il y a donc une disproportion étonnante entre la proportion d'anticorps libres dans le sang et la dose énorme de venin que ce reptile peut supporter sans inconvénient. On pourrait croire, d'après cela, que l'immunité de la vipère est due surtout à la résistance propre de ses cellules, résistance très élevée si l'on en juge par celle de ses globules rouges, qui sont, pour ainsi dire, réfractaires à l'hémolyse par le venin. S'il en était réellement ainsi, du venin inoculé à une vipère pourrait séjourner assez longtemps dans son organisme sans perdre sa virulence et on devrait retrouver ce venin en grande partie intact dans le sang ou les organes.

L'expérience montre qu'il n'en est rien. Quand, après avoir inoculé 20 à 30 milligrammes de venin dans l'abdomen d'une vipère de 80 à 100 grammes, on sacrifie l'animal au bout de six à douze heures et qu'on inocule à un cobaye le sang ou les macérations de foie, ces liquides ne sont pas plus toxiques qu'à l'état normal. Il faut donc admettre que le venin inoculé a été en grande partie détruit. Cette destruction, qui, dans l'organisme, se fait d'une manière si intense, nous pouvons déjà la constater, mais à un moindre degré, dans le sang *in vitro*. On sait, en effet, que le sérum de vipère assez riche en venin perd ses propriétés toxiques quand on le chauffe à 58°. Bien plus, si l'on ajoute à ce sérum une certaine quantité de venin et qu'on le chauffe à 58°, le venin surajouté est également détruit : 1 centimètre cube de sérum peut ainsi neutraliser 1 milligramme de venin. Il se passe dans le sérum un phénomène analogue à celui que j'ai signalé pour le venin lui-même, qui, sous

l'influence d'une chaleur faible et prolongée, subit une sorte d'auto-digestion. Entre le processus qui se passe dans l'organisme et celui que l'on constate *in vitro*, il semble n'exister qu'une différence de degré, et cette différence serait due à ce que la substance antitoxique, ou une substance activante peu abondante à l'état normal, serait déversée dans le torrent circulatoire sous l'influence excitatrice de l'envenimation artificielle. Si nous voulons aller plus loin et chercher à pénétrer le mécanisme par lequel se forment et agissent les substances antitoxiques, nous nous heurtons à des difficultés dont nous entrevoyons à peine la solution. Les deux exemples suivants, empruntés à M. Metchnikoff, donneront une idée de la complication des phénomènes. Le caïman (*Alligator mississipensis*) est réfractaire à la toxine tétanique; cependant, son sang ne présente aucune propriété antitoxique, mais l'acquiert très facilement après l'injection de la toxine. Tout à fait opposé est le cas de l'écrevisse. Ce crustacé est très sensible au venin de scorpion, et cependant son sang, inefficace pour le protéger, est un bon antidote pour la souris, dont il empêche l'intoxication par le venin de scorpion. Il est donc probable que, dans ce cas, le pouvoir antitoxique résulte du concours de deux substances, dont l'une se trouverait préexistante dans le sang d'écrevisse, tandis que l'autre ferait partie de l'organisme de la souris.

Le concours de deux substances pour produire certains phénomènes biologiques, tels que la dissolution des microbes ou des globules rouges par le sérum des animaux vaccinés, est aussi nécessaire pour que l'action dissolvante des venins s'exerce sur les globules rouges; et, comme cette question présente non seulement un intérêt d'actualité, mais encore une importance générale au point de vue des théories de l'immunité, je vais en exposer les principaux points.

V. — Venins et Hémolyse.

Weir, Mitchell et Reichert ont vu, en 1860, que le venin de crotale détruit les globules du sang, et la plupart des observateurs ont, depuis, reconnu le même fait. Pour constater cette action délétère du venin sur les globules, on mélangeait du sang avec une solution de venin, ou bien, après avoir disposé le mésentère d'une grenouille pour l'examen microscopique, on déposait à sa surface une goutte d'une solution de venin. Quand on emploie du venin des Vipéridés, qui empêche la coagulation, cette méthode peut donner des indications générales sur la résistance relative des globules à la destruction, suivant l'animal d'où ils proviennent et suivant l'espèce de venin; mais elle ne fournit aucun résultat précis quant au mécanisme et au degré de l'hémolyse, et même quelques auteurs, entre autres Brunton et Fayrer, n'ont pu constater l'altération globulaire produite par le venin de cobra.

Il y a un an, cette question de l'hémolyse par les venins a fait un pas décisif avec le travail de MM. Simon Flexner et Hideyo Noguchi, qui, dans un ensemble de recherches systématiques, avec une méthode nouvelle, ont élucidé un grand nombre de points obscurs. Le fait fondamental qui leur a permis d'analyser le phénomène de l'hémolyse est celui-ci : des globules rouges, très sensibles au venin quand ils sont mélangés au sérum, restent complètement inattaqués par ce même venin quand ils sont en suspension dans l'eau salée physiologique, après avoir été débarrassés par centrifugation et lavages successifs du sérum qui les baignait. Le venin seul ne dissout pas les globules lavés; pour agir, il a besoin d'une substance adjuvante, et celle-ci est fournie par le sérum; on en a facilement la preuve, car il suffit d'ajouter une goutte de sérum au mélange de globules et de venin pour voir l'hémolyse se produire aussitôt et l'hémoglobine diffuser.

Pour expliquer ce phénomène, les auteurs ont admis la théorie émise par Ehrlich à propos des sérums bactériolytiques. Le venin contiendrait une substance qui a une grande affinité pour le globule rouge et qui, après s'être fixée sur ce globule, attirerait dans son intérieur une substance du sérum avec laquelle il se combinerait pour produire l'hémolyse. La première de ces substances servirait en quelque sorte de clef et faciliterait l'introduction de la seconde, d'où le nom de *substance intermédiaire*, ou d'*ambocepteur*, pour rappeler sa double affinité pour le globule et pour la substance active du sérum; celle-ci, d'après les idées d'Ehrlich, serait donc un *complément* nécessaire pour donner au venin des propriétés hémolytiques.

La conception de l'École française est un peu différente. D'après MM. Metchnikoff et Bordet, qui ont découvert les faits nouveaux sur lesquels s'appuient ces théories, la première substance serait comparable à un mordant et sensibiliserait les globules à l'action de la seconde. Celle-ci, qui n'est autre que l'*alexine* de Büchner, se trouve renfermée dans les globules blancs; elle est détruite par la chaleur, elle a les propriétés d'une diastase, d'où le nom de *cytase* adopté par M. Metchnikoff. La cytase attaquerait, comme un ferment digestif, les cellules préparées par l'action préalable de la *substance sensibilisatrice*.

Cette théorie paraît d'autant plus vraisemblable qu'elle rentre dans le cadre général des phéno-

mènes de la digestion, tels qu'ils ont été mis en lumière par les travaux de Pawlow et de Delezenne.

Le phénomène de l'hémolyse par les venins peut-il être assimilé à celui des sérums bactériolytiques? Pour élucider cette question, j'ai entrepris de nouvelles expériences dont je vais exposer les principaux résultats.

On sait, par les recherches de Calmette et les miennes, que des globules de chien lavés, mélangés à une solution de venin de vipère, se dissolvent si l'on ajoute une goutte de sérum de chien, même chauffé à 58-60° : il faut en conclure que ce sérum ne contient pas de cytase hémolytique, puisque ce ferment ne résiste pas à 58°; si le sérum favorise l'hémolyse, c'est qu'il contient une substance sensibilisatrice. Et même certains sérums, celui du lapin, par exemple, renferment en outre une antihémolysine naturelle qui, elle, serait un ferment, car elle est détruite à 58°. Ces faits pouvaient faire supposer que la cytase était contenue dans le venin. Il n'en est rien. Une solution de venin de vipère à 1/1.000 chauffée à 100° pendant cinq minutes possède, quand elle est additionnée de sérum de chien chauffé même à 80° pendant 30 minutes, les mêmes propriétés hémolytiques que si elle n'est pas chauffée. Bien plus, le sérum de chien, convenablement dilué, peut être chauffé deux fois à 70°, puis à 100° pendant cinq minutes, sans perdre le pouvoir de sensibiliser les globules. L'action combinée du venin de vipère et du sérum de chien sur les globules lavés ne peut donc pas être assimilée à celle des sérums bactériolytiques et cytolytiques.

La seule ressemblance entre ces deux phénomènes consiste en ce que le venin, de même que la substance sensibilisatrice de Bordet, peut se fixer sur les globules.

Du reste, tous les venins ne se comportent pas comme celui de vipère vis-à-vis des globules rouges. Les venins de *Daboia Russellii* et de *Naja tripudians* possèdent, dans certaines conditions, la propriété de dissoudre les globules lavés, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter du sérum.

Il faut donc admettre d'une manière générale que l'hémolyse par les venins n'est pas due à des actions diastasiques. Elle est plutôt comparable à celle qui est produite par certains glycosides, comme la saponine et la solanine, dont l'action globulicide est favorisée ou entravée par certaines substances[1].

Mais, quel que soit le mécanisme intime de cette action hémolytique, ce qui nous intéresse surtout au point de vue de la Pathologie générale, c'est le moyen de l'empêcher, et l'immunisation des animaux contre les venins a précisément comme résultat de faire apparaître dans leur sang des substances à propriétés anti-hémolytiques. C'est ainsi que le sérum antivenimeux protège les globules contre l'hémolyse par le venin, non seulement chez l'animal qui le fournit, mais chez un autre animal.

Ce phénomène se manifeste *in vitro*, de telle sorte qu'on peut mesurer, comme l'a fait M. Calmette, la propriété antitoxique de ce sérum par le degré de son pouvoir antihémolytique.

Il est évident que, si l'on connaissait exactement le mode par lequel le sérum protège les globules contre le venin, on aurait une base solide pour expliquer les actions antitoxiques, car il est probable que le mécanisme de protection est très analogue pour toutes les cellules de l'organisme. C'est pourquoi le phénomène de l'hémolyse, dont les variations sont faciles à apprécier à l'œil nu, peut fournir des renseignements importants sur les causes de l'immunité; et c'est à juste titre que l'étude de ce phénomène a pris une place si importante dans les recherches de Pathologie générale.

VI. — Les venins et la coagulation du sang.

C'est en analysant les phénomènes de l'hémolyse par les venins qu'il a été possible de déceler la cause des différences d'action produites par un même venin sur la coagulation du sang, suivant qu'il est inoculé au chien ou au lapin. On sait, en effet, que le venin de vipère, introduit dans la veine jugulaire d'un lapin, le foudroie par coagulation intra-vasculaire, tandis que, dans les mêmes conditions, chez le chien, il rend le sang incoagulable. Fontana, qui expérimentait sur le lapin, en avait conclu que le venin de vipère coagule le sang; tandis que Mosso, opérant sur le chien, obtient des résultats opposés et affirme, malgré l'autorité de Fontana, que le venin de vipère rend le sang incoagulable. Il est facile, en répétant ces expériences, de constater que ces deux affirmations sont exactes. Elles ne sont plus contradictoires du moment où on ne les généralise pas, et la question se borne à élucider la cause de la différence d'action du venin chez le chien et le lapin. Pour la découvrir, il faut examiner au microscope un mélange de sang et de venin obtenu en aspirant directement le sang d'une artère dans la solution de venin. S'il s'agit de sang de chien, les globules rouges sont presque totalement détruits, alors que les globules blancs sont encore intacts; dans le sang de lapin, au contraire, les globules blancs

[1] Il me paraît donc inutile de recourir à la théorie de Kyes, d'après laquelle le pouvoir hémolytique du venin de cobra serait dû à la présence d'un *endocomplément* dans le protoplasma du globule.

sont dissous, alors que les globules rouges sont intacts. D'après cela, on pourrait croire que c'est à la dissolution rapide des globules rouges du chien qu'est due l'incoagulabilité du sang, qu'on observe aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*. Il n'en est rien, car si l'on emploie du venin de cobra au lieu de venin de vipère, le sang de chien se coagule, et cependant tous les globules rouges sont détruits. Il y a donc autre chose. La destruction des globules rouges par le venin s'accompagne d'une transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine, transformation qui ne se produit pas avec le venin de cobra. Cette transformation se fait sous l'influence d'un ferment, vraisemblablement d'une oxydase, qui est détruite par la chaleur, de telle sorte que le venin de vipère chauffé a des propriétés inverses de celles du venin non chauffé : il coagule le sang de chien.

En somme, chez le lapin et chez le chien, le sang réagit d'une manière différente à l'action des venins. Chez le lapin, les globules rouges sont beaucoup plus résistants que les globules blancs et le sérum contient en excès une antihémolysine très active; les globules rouges du chien sont moins résistants que les globules blancs et plus fragiles que ceux du lapin; en outre, dans le sérum de chien prédomine une sensibilisatrice qui favorise l'hémolyse.

Ces résultats suffisent à montrer l'intérêt et l'utilité de l'étude des venins appliquée à l'analyse des variations physiologiques de l'espèce.

D'après les faits et les idées que je viens d'exposer sommairement, il est facile de voir que la question des venins touche aux problèmes les plus divers de la Biologie et de la Pathologie générales. C'est à peine si j'ai indiqué la nature de ces problèmes : il était impossible d'en aborder la discussion dans un espace aussi restreint et je me suis borné à une esquisse rapide des chapitres les plus importants.

Les animaux les plus dissemblables ont été rapprochés pour la comparaison de phénomènes de même ordre; des faits en apparence disparates ont été groupés dans le but d'arriver à une conception générale des mécanismes biologiques. Si nous sommes encore si éloignés du but, si nos connaissances sont si imparfaites, c'est que jusqu'ici les efforts des chercheurs n'ont guère porté que sur les animaux les plus élevés en organisation. Pour avoir une idée générale des phénomènes de la vie, il est indispensable d'en suivre le développement dans la série des êtres vivants. Si, au point de vue zoologique, les animaux d'un même groupe ont pris les formes les plus différentes sous l'influence d'agents modificateurs divers, au point de vue physiologique, la fonction des organes, en s'adaptant aux conditions de milieu, a également subi des variations multiples, et, de même que l'Anatomie comparée nous a fourni, par l'étude des connexions, un guide précieux pour retrouver l'unité du plan de composition à travers l'immense variété des formes extérieures, de même la Physiologie et la Pathologie comparées nous fourniront un fil directeur pour nous guider dans le dédale des variations fonctionnelles et nous éclairer sur l'utilité et les rapports réciproques de ces variations.

C. Phisalix,
Assistant de Pathologie au Muséum.

LA TÉLÉGRAPHIE AU CONGO BELGE

Lorsque le télégraphe et, plus tard, les voyageurs revenant du Congo annoncèrent, il y a quelques mois, que, après une année de tentatives infructueuses et au milieu de mille difficultés, le capitaine du génie belge De Bremaeker, représentant de la Compagnie belge Marconi, avait enfin réussi à établir une bonne communication radiotélégraphique entre Boma et Banama, ce fut un cri de joie dans l'État Indépendant du Congo et, en général, un cri d'allégresse de la part de tous ceux — et ils sont légion — qui, directement ou indirectement, sont intéressés aux affaires du Congo.

Dans les colonies en général, et dans les contrées sauvages telles que le Congo en particulier, la télégraphie sans fil est appelée à rendre d'importants services. La télégraphie ordinaire avec fil y est à peu près impraticable. C'est ainsi qu'au Congo, après une dépense énorme, au prix de travaux pénibles et de difficultés sans nombre, l'on n'est parvenu à établir que des communications par fil aussi précaires qu'incertaines, car la ligne, en dépit d'une surveillance des plus coûteuses, est sans cesse détruite.

En présence d'une situation aussi difficile, il n'y a donc pas à s'étonner que M. Mahieu, l'ingénieur qui a dirigé l'installation de ce télégraphe, en soit arrivé à conclure que la télégraphie sans fil présenterait de sérieux avantages en pareille circonstance. On en jugera par l'exposé suivant des travaux qu'a suscités l'établissement de la ligne télégraphique ordinaire entre Boma et Coquilhatville.

I

La construction de la ligne télégraphique dont nous venons de parler visait un double but. Le premier est un but humanitaire : la Conférence antiesclavagiste de Bruxelles, ouverte le 18 novembre 1889, avait, en effet, préconisé l'établissement de lignes télégraphiques comme un des moyens les plus efficaces pour combattre la traite à l'intérieur de l'Afrique. D'autre part, l'introduction de ces communications dans l'État du Congo était destinée à favoriser le développement économique du pays et plus particulièrement à exercer une influence féconde sur son commerce avec l'Étranger.

Après mûr examen, on décida la construction d'une ligne de Boma à Léopoldville, avec embranchement Boma-Lemba, et d'une ligne de Léopoldville à Coquilhatville. La première suit le fleuve de Boma à Matadi (52 kilom.); puis, à partir de cette dernière localité, le chemin de fer, en passant par Kengé (92 kilom.), par Tumba (240 kilom.), par Gongolo (316 kilom.), pour aboutir à Léopoldville, soit à 452 kilomètres de Boma.

A partir de Léopoldville, la ligne se prolonge le long du fleuve et passe par Kwamouth (233 kilom.), par Yumbi (177 kilom.), par Lukoléla (121 kilom.), par Irebu (102 kilom.), pour aboutir à Coquilhatville (114 kilom.), soit à 747 kilomètres de Léopoldville et à 1.199 kilomètres de Boma.

Les travaux, commencés à la fin de 1893, furent terminés en décembre 1899.

Par économie, la ligne, en bronze phosphoreux patiné, fut établie sans fil de retour. Le fil a $0^{m},002$ de diamètre, 80 °/₀ de conductibilité, une résistance à la rupture de 157 kilogr. 500; il pèse 28 kilogrammes par kilomètre. De Boma à Léopoldville, il est porté par des poteaux distants de 100 mètres. Les poteaux adoptés ont 7 mètres de longueur; ils sont en acier à profil T du commerce et pèsent 10.400 kilogrammes le mètre courant. La partie supérieure est percée de trois trous, dont deux destinés à recevoir les boulons d'attache des supports d'isolateurs et le troisième un fil de fer galvanisé servant de hauban pour certains poteaux exposés à de fortes tractions.

L'isolateur est du modèle de l'État belge, à double cloche, mais de couleur foncée pour le soustraire à la cupidité des indigènes.

Pour la ligne Léopoldville-Coquilhatville, une légère modification fut apportée aux poteaux. Ils furent, en effet, pourvus d'une seconde rangée de trous destinés à permettre le placement de supports d'isolateurs. Les longueurs des branches ascendantes et horizontales de ces supports furent portées respectivement à 15 millimètres et à 20 millimètres, afin d'augmenter la distance entre le bord inférieur de l'isolateur et la branche horizontale, car on avait constaté qu'une distance trop faible se remplissait facilement de poussière et de brindilles.

Lorsque la proximité de groupes d'arbres le permit, on substitua ces poteaux naturels aux poteaux métalliques.

Les appareils choisis pour les bureaux furent le Morse pour la télégraphie et le microphone Solid Back pour la téléphonie. Un certain nombre de postes téléphoniques intermédiaires furent établis à l'usage des capitaines de steamers, pour leur permettre de demander des secours et des instructions aux stations voisines.

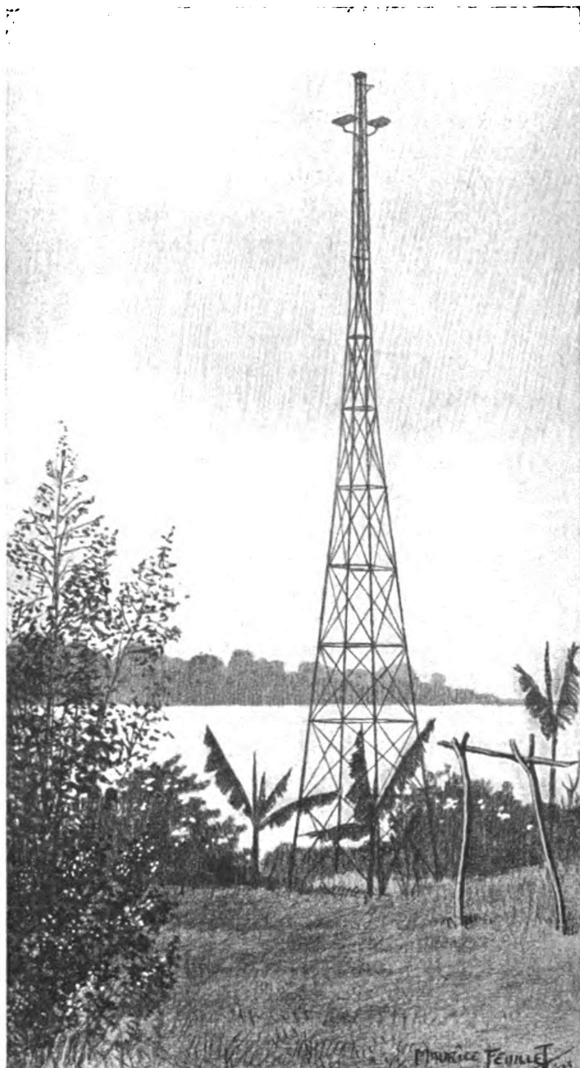


Fig. 1. — *Pylône en fer sur un îlot à l'embouchure du Kassaï.*

A part quelques exceptions, la construction de la ligne fut faite en entier par des indigènes, surtout par des Bangalas, partagés en brigades de quarante hommes, conduites par un ou deux blancs.

D'ordinaire, une brigade marchait en tête en défrichant et déboisant le sentier de la ligne; puis d'autres brigades, conduites par des professionnels, faisaient la pose des supports et celle du fil. La distance entre les poteaux était, au début, de 300 mètres; mais, par suite des ruptures du fil, elle dut être réduite à 100 mètres. Dans la forêt, la distance varie de 30 à 50 mètres suivant la position des arbres.

L'outillage des brigades chargées d'établir le sentier se composait de houes, de machettes, de haches, de cognées de bûcheron, de scies passe-partout à tronçonner pour deux hommes et de scies à segments articulés.

Le ravitaillement en vivres indigènes présenta de grandes difficultés par suite du manque de marchés.

Les naturels se nourrissent de pain de cassave, qui présente l'inconvénient de se gâter assez vite. Pour éviter les désordres que les indigènes allant aux approvisionnements auraient pu produire dans les villages, on décida de les nourrir de vivres européens. Chaque homme recevait par semaine 3 kilogrammes et demi de riz, 875 grammes de poisson ou de bœuf salés et 125 grammes de sel, outre 10 mitakos pour s'acheter de l'huile de palme, etc. Le salaire était de 50 mitakos pour les gamins et de 200 pour les adultes.



Fig. 2. — *Fabrication du mortier pour le soubassement du pylône sur l'îlot du Kassaï (ligne télégraphique de Léopoldville-Equateur).*

La plantation des poteaux s'est faite à l'aide de barres en fer, terminées en ciseaux d'une part et en spatule de l'autre, ainsi que de dames à tête en fonte. Dans les parties marécageuses, ils furent simplement enfoncés et durent parfois être allongés.

Les brigades qui passaient le fil étaient pourvues de marteaux, de masses de fer, d'un dynamomètre, d'un thermomètre de poche, d'échelles, de dévidoirs et d'un ou deux sacs en cuir contenant les clefs, les pinces et le petit outillage.

Les travailleurs noirs furent d'abord logés dans des abris de branchages; plus tard, ils furent pourvus de tentes et de couvertures. Les tentes, que l'on voit représentées dans la figure 6, étaient à double toit, mesuraient 20 × 7 mètres et abritaient chacune vingt travailleurs.

Les brigades étaient aussi pourvues de fusils de chasse et d'engins de pêche. Elles pouvaient ainsi se procurer du poisson frais, de la viande d'antilope, de buffle et surtout d'hippopotame.

L'approvisionnement mensuel d'une brigade comprenait en moyenne 45 charges de vivres et 225 charges de matériaux, soit de 9.000 à 10.000 kilogrammes à transporter tantôt par eau, tantôt par terre, à travers les forêts, les marais, les savanes. Les brigades se déplaçaient en moyenne tous les cinq jours et transportaient dans leurs pirogues, indépendamment des quarante hommes, les tentes, les vivres, l'outillage, etc. Le transport se fit, de Léopoldville à Masina (20 kilom.), à dos d'hommes; de là au Stanley-Pool, par le steamer *Baron Lambermont*; au delà du Stanley-Pool, par des baleinières re-



Fig. 3. — *Bétonnage d'un pylône en fer sur un îlot à l'embouchure du Kassaï.*

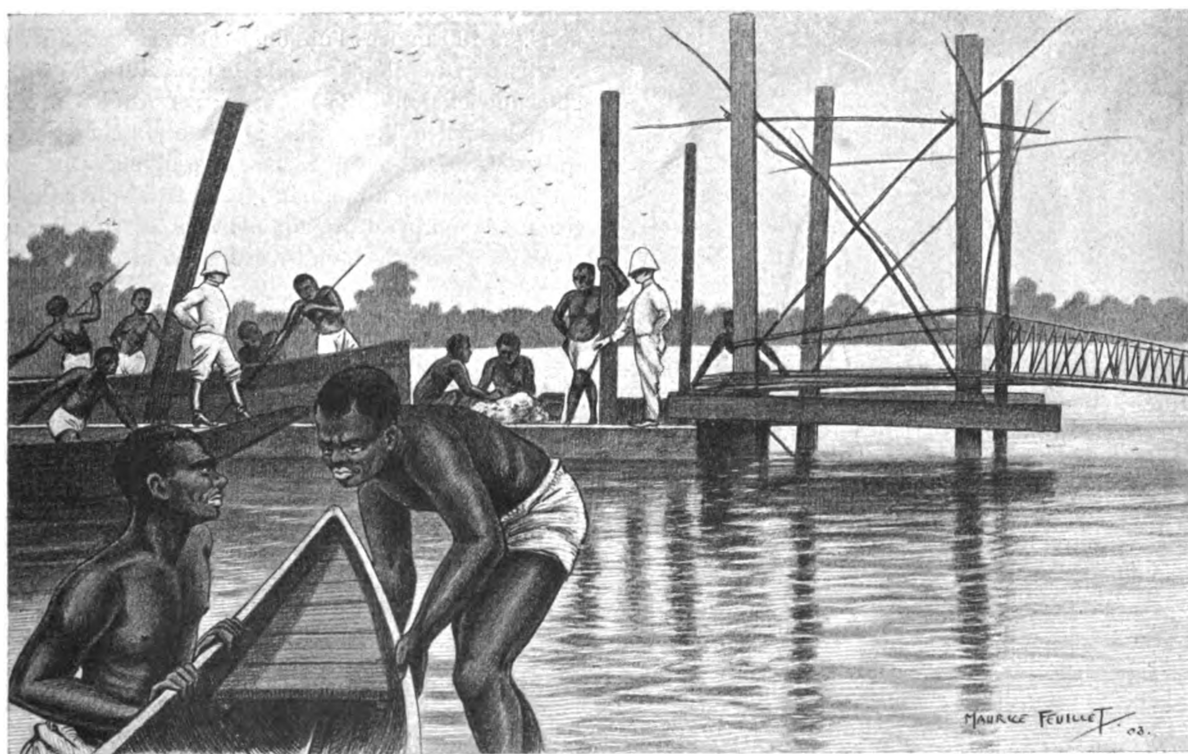


Fig. 4. — *Bétonnage d'un pylône sur un îlot à l'embouchure du Kassaï.*

morquées par des vapeurs allant dans le Haut-Congo. Le transport à pied d'œuvre se faisait fréquemment par les indigènes des villages voisins.

II

L'une des plus grandes difficultés que rencontra l'installation de la ligne fut le passage du Kassaï.

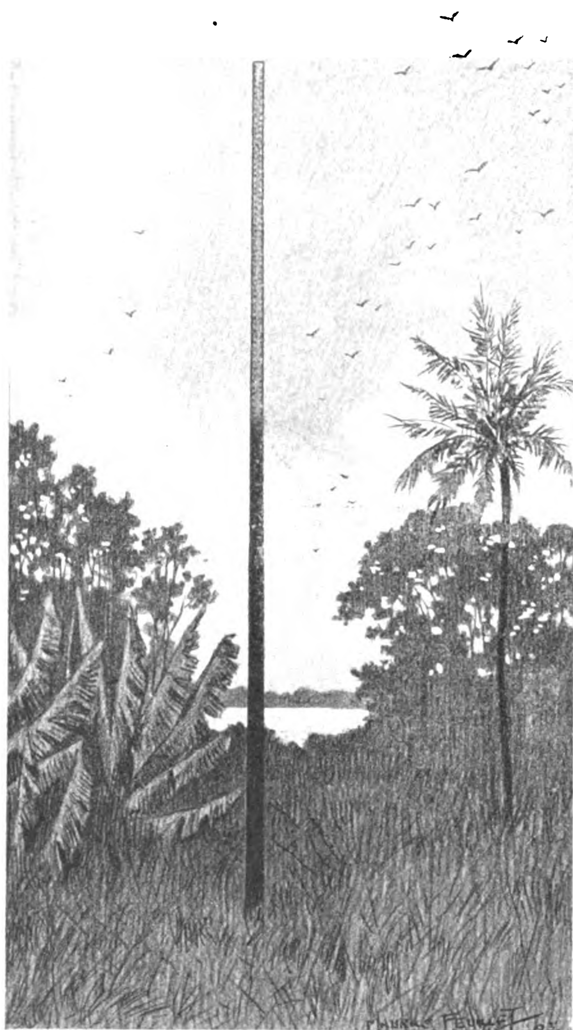


Fig. 5. — *Un pilote télégraphique à Kinshasa.*

Ce fleuve présente, vers son embouchure, un rétrécissement qui fut jugé l'endroit le plus favorable pour le passage de la ligne. Par suite du peu d'élévation des rives et de la crue, qui élève le niveau de l'eau à 5 mètres au-dessus de l'étiage, il fallut, pour assurer le passage constant des bateaux à vapeur, donner une grande élévation aux supports.

Grâce à un banc rocheux situé dans le fleuve, on put exécuter la traversée par deux portées de ligne, ayant l'une 450 mètres et l'autre 670 mètres de longueur. Elles furent supportées par trois pylônes en fer ayant respectivement 14 mètres, 36^{m},50 et 38^{m},50 de hauteur totale. Le pylône placé dans l'îlot est représenté par la figure 1; il est ancré directement au sol par les prolongements des cornières d'angle, puis entouré d'un bloc de béton destiné à renforcer l'assise du pylône. Les figures 2 et 3 montrent la construction de l'assise de ce pylône. Comme le Kassaï charrie, à la saison des pluies, de nombreux arbres, îles d'herbes, etc., avec une vitesse qui atteint 9 nœuds, on a garni le pied du pylône, exposé aux chocs, d'un amas de grosses pierres atteignant le niveau des hautes eaux, et l'on a, de plus, construit à la partie amont un duc d'Albe formé d'une charpente en fer et d'un revêtement en gros madriers. Cette construction se voit dans la figure 4. Les deux pylônes placés sur les rives furent scellés à la base dans des assises de béton. Après bien des essais infructueux, il fallut, pour effectuer la pose des quatre câbles dans la partie de 670 mètres, faire venir un remorqueur de Léopoldville.

La ligne put ensuite être achevée sans encombre, la distance entre poteaux étant, comme nous l'avons dit, de 100 mètres, sauf dans les endroits où une concavité du sol permettait de donner une grande flèche à la courbe du fil. Afin de se rendre compte des changements de longueur subis par le fil de bronze suivant les variations de température, on avait précédemment placé à Kinshasa deux poteaux en fer, solidement haubanés dans tous les sens, à 100 mètres l'un de l'autre, et on les avait réunis par un fil placé à la température de 36°,5 sous une tension de 37 kilogrammes. A mi-distance entre ces poteaux, on avait placé le poteau gradué qui se voit dans la figure 5 et auquel était attaché un thermomètre non abrité. On a ainsi pu constater que la température la plus basse (16° C.) correspondait à une flèche de 0^{m},925 et la plus haute (41° C.) à une flèche de 1^{m},22.

La ligne Léopoldville-Equateur dessert trois bureaux télégraphiques, neuf bureaux téléphoniques et six cabines à l'usage des capitaines de steamers. Elle rencontre cent quarante-neuf villages, dont les indigènes entretiennent le sentier de la ligne. Ils sont aidés par cent cinquante travailleurs de l'État, qui surveillent la ligne journellement et y font les réparations urgentes. Ces travailleurs sont répandus par groupes de trois, ayant chacun 15 kilomètres à surveiller. Ils sont pourvus du matériel nécessaire. Ce matériel est à la disposition des chefs de sections européens. Pour faciliter à ces derniers la recherche des dérangements et des pertes de courant, on a établi tous les 10 kilomètres des coupures de localisation où ces agents peuvent adapter l'appareil portatif destiné à renseigner sur l'état de la ligne.

La ligne est partagée pour l'entretien en cinq sections, à la tête de chacune desquelles se trouve un Européen chargé d'assurer les communications en maintenant la ligne et les appareils en bon état et en veillant à ce que les travailleurs des petits postes et les indigènes rémunérés remplissent leurs obligations.

Dans certaines sections, telles que Yumbi-Lukolela, la visite de la ligne doit se faire en pirogue.

L'installation d'un bureau télégraphique comprend : une table avec pieds démontables, un récepteur Morse, un manipulateur, une batterie de piles Leclanché, une boussole à sonnerie, un commutateur à lames croisées, un parleur, un annonciateur à clapets; celle d'un bureau téléphonique comporte : un microphone à granules, modèle Solid Back, avec deux éléments Leclanché, un téléphone Bell, une sonnerie magnéto, un commutateur, un indicateur d'appel. Pour les appareils de cabines, on a adopté des dispositions spéciales pour assurer le fonctionnement des piles et le rétablissement automatique des communications directes après usage des appareils.

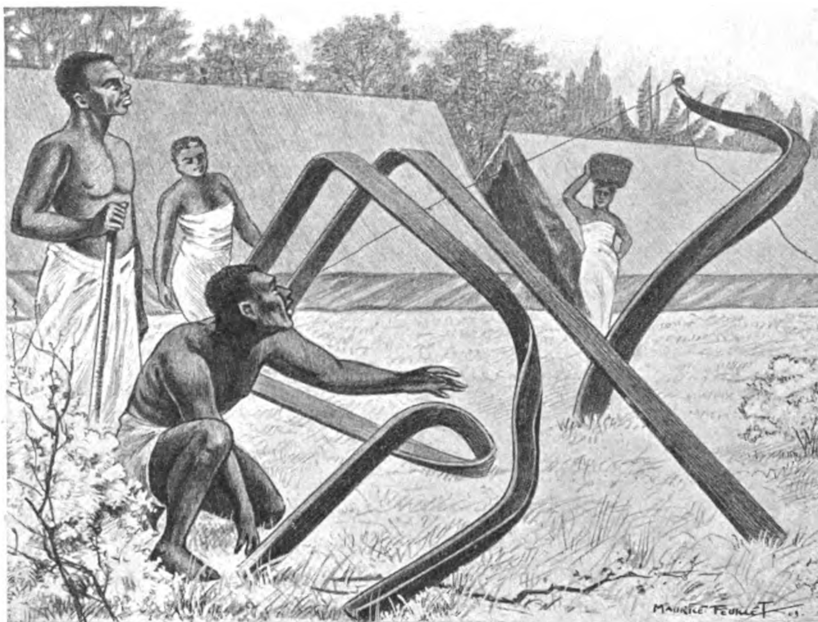


Fig. 6. — *Pylône en fer tordu par les éléphants.*

La portée maximum atteinte par les appareils téléphoniques est de 633 kilomètres ; la portée moyenne pratique, 452 kilomètres. Pendant les heures chaudes de la journée, la téléphonie est impossible, car, à cause du retour par la terre, le fil est parcouru par des courants qui occasionnent un tel crépitement que l'on comprend difficilement ce que l'on dit.

III

Contrairement à ce qu'on attendrait, la ligne n'a pas subi d'actes de mauvais gré de la part des indigènes. Par contre, les animaux et les plantes s'unissent aux éléments pour entraver son fonctionnement.

En dehors des magasins et des bureaux, les matériaux de la ligne ont peu à souffrir des fourmis blanches, les supports des fils étant ou des arbres vivants, ou des poteaux en fer; mais ceux-ci sont assez fréquemment renversés par les éléphants, qui mettent parfois plusieurs centaines de mètres de ligne hors de service en un jour.

Non contents d'abattre les poteaux en se frottant contre les arêtes, ils les tordent et leur donnent les formes bizarres que l'on voit dans la figure 6.

Les tornades sont destructives pour les parties de la ligne situées dans la forêt, par les chutes d'arbres et de branches qu'elles occasionnent à la saison des pluies. Une dizaine de kilomètres de ligne sont ainsi parfois mis hors de service.

D'octobre à mars, il se produit sur le fil de nombreuses décharges d'électricité atmosphérique. Plus de 100 mètres de ligne ont parfois été ainsi réduits en morceaux de 10 à 50 centimètres de long, pliés en forme de vermicelle et présentant des traces de fusion sur toute leur surface.

Les oiseaux et les insectes occasionnent aussi fréquemment des dégâts et détruisent l'isolation en emmagasinant des brindilles et des feuilles autour des isolateurs.

Les incendies d'herbes que les indigènes ont l'habitude de provoquer à la saison sèche donnent lieu à des flammes qui, léchant le fil, en produisent l'allongement et la rupture.

Si l'on ajoute à ce qui précède l'envahissement rapide et constant des supports et des fils par les plantes grimpantes et les branches d'arbre, formant autant de causes de déperdition de courant, on comprend les nombreux avantages que présenterait un système exempt de ces inconvénients, c'est-à-dire la télégraphie sans fil. La grande difficulté de la télégraphie au Congo étant l'entretien de la ligne, la supériorité de la télégraphie

sans fil au point de vue de l'économie et de la régularité des communications s'aperçoit immédiatement.

Pour ces pays, les inconvénients que M. Mahieu lui trouve, c'est-à-dire l'absence de secret et le danger de l'interférence, n'existent, du reste, pas. Les lignes sont, en effet, peu nombreuses et peuvent être suffisamment écartées pour que les stations ne s'influencent pas mutuellement. D'autre part, la cryptographie peut assurer le secret quand il est indispensable. Toutefois, les communications télégraphiques sans fil sont des plus difficiles sur terre et particulièrement dans les forêts. A ce point de vue, l'emploi de stations intermédiaires, — de préférence automatiques pour augmenter la vitesse de transmission et l'économie, — fournit une solution heureuse, puisque l'énergie employée est moindre et la vitesse plus grande que dans la transmission directe, grâce à l'absence des condensateurs considérables nécessités par cette dernière. Les postes-relais, disposés, par exemple, de 100 en 100 kilomètres, pourraient être pourvus d'une garde et suffisamment protégés contre toute attaque. Il serait, du reste, possible et économique d'établir ces stations gardées tous les 100 kilomètres puisque, dans la télégraphie avec fil, on les établit tous les 20 ou 30 kilomètres, ce qui est infiniment plus coûteux pour des lignes aussi étendues que celle dont nous avons parlé.

E. Guarini.

REVUE ANNUELLE DE PHYSIOLOGIE

I. — Questions d'intérêt général.

§ 1. — Bibliographie.

Signalons quelques publications intéressant les physiologistes :

1° Deux nouveaux périodiques :

L'un consacré à la publication de travaux originaux se rapportant à la Physiologie générale (*Zeitschrift für allgemeine Physiologie*), dirigé par Max Verworn, et dont le premier volume porte le millésime 1902;

L'autre (*Biochemisches Centralblatt*, n° 1, du 15 décembre 1902), dirigé par Carl Oppenheimer, de Berlin), destiné à analyser tous les travaux de Chimie physiologique.

Le *Biochemisches Centralblatt* engage les auteurs à fournir eux-mêmes un résumé succinct (en allemand, anglais ou français) de leurs travaux. Il publie également des revues critiques, analysant tous les travaux parus sur certaines questions spéciales et limitées, avec indications bibliographiques aussi complètes que possible;

2° Les *Ergebnisse der Physiologie*, par Asher de Berne et Spiro de Strasbourg. (Bergmann, éditeur à Wiesbaden, 1re année, Abt. I, *Biochemie*; Abt. II, *Biophysik und Psychophysik*.)

Asher et Spiro comptent publier chaque année, en deux gros volumes, une série de monographies, dues à des spécialistes, et passant successivement en revue les progrès les plus récents réalisés dans les différents chapitres de la Physiologie.

Le volume de *Biochimie* contient vingt-quatre articles, parmi lesquels nous citons au hasard ceux qui étudient la physico-chimie générale des cellules et des tissus (Pauli), les albuminoïdes (Hofmeister, E. Schulze et Winterstein, O. Hammarsten), la formation de la lymphe (A. Ellinger), la résorption (I. Munk), les ferments (Bredig, Jacoby), la physiologie du tube digestif (Pawlow), la sécrétion urinaire (Spiro et Vogt), la formation organique de l'urée (Jacoby), celle de l'acide urique (H. Wiener), de la graisse (Rosenfeld), la coagulation du lait (E. Fuld), la chimie des muscles (O. von Fürth), etc.

Le volume de *Biophysique* et de *Psychophysique* contient vingt-trois monographies sur les mouvements du protoplasme (Jensen), la régénération (Przibram), l'électrophysiologie (Biedermann), l'innervation intra-cardiaque (O. Langendorff), les mouvements du tube digestif (Starling), les localisations cérébrales (von Monakow), l'accommodation (Einthoven), la physiologie de l'audition (Hensen) et celle de l'olfaction (Zwaardemaker), etc., etc.

La plupart de ces monographies donnent un résumé critique des plus complets de l'état actuel de la science sur des sujets d'actualité, et sont accompagnées de notices bibliographiques très documentées;

3° Plusieurs traités de Physiologie, notamment :

La traduction française (par Hédon) de la *Physiologie générale* de Max Verworn;

Les derniers fascicules (3e et 4e) des *Elements de Physiologie* de F. Laulanié (Paris, Asselin et Houzeau, 1902);

Le volume II (Fonctions d'innervation, par Morat) du *Traité de Physiologie* de J.-P. Morat et P. Doyon (Paris, Masson, 1902);

Un grand traité anglais de *Technique physiologique*, par Beddard, Edkins, Léonard Hill, Macleod et Pembrey : *Practical Physiology*, London, Edw. Arnold, 1902, 512 p.;

Un opuscule de Technique physiologique à l'usage des débutants : *Physiology at Harvard* (Cambridge), 1902, par W. T. PORTER;

Un traité de Chimie physiologique des animaux inférieurs : *Vergleichende chemische Physiologie der niederen Thiere*, par O. VON FÜRTH. Iena, G. Fischer, 1903;

4° Le volume II du *Traité de Physique biologique* de d'ARSONVAL, CHAUVEAU, GARIEL, MAREY et WEISS (Paris, Masson, 1903), contenant l'étude des radiations (Spectroscopie, Photométrie, Photographie, Chaleur rayonnante, Polarimétrie, Phosphorescence, Fluorescence, Action de la lumière, Biophotogénie, Optique physiologique, Microscope) ;

Et le volume I d'un grand traité consacré à l'étude de la pression osmotique et de la théorie des ions appliquées à la Physiologie : H. J. HAMBURGER : *Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medicinischen Wissenschaften, Bd. I.* Wiesbaden, J. E. Bergmann, 1902.

5° Les fascicules I et II du tome VI du *Dictionnaire de Physiologie* de CH. RICHET, allant de *Faim* à *Foie* et comprenant notamment les articles *Faim* (Bardier), *Fatigue* (Ioteyko), *Fèces* (Nicloux), *Fécondation* (Retterer), *Fer* (Dastre), *Fermentation* (Aug. Ferret), *Fibrine* (Fredericq), *Fièvre* (Langlois), *Fluor* (Ch. Richet), *Fœtus* (Wertheimer), *Foie* (Dastre).

6° Plusieurs ouvrages intéressant la philosophie et l'histoire de la Physiologie, notamment :

ELIE METCHNIKOFF : *Etudes sur la nature humaine, essai de philosophie optimiste*. Paris, Masson, 1903;

A. DASTRE : *La vie et la mort*. Bibl. de philos. scient. Paris, E. Flammarion;

Une Biographie très complète de HERMANN VON HELMHOLTZ, par L. KÖNIGSBERGER (Braunschweig, Vieweg, 1902-1903) ;

Et un superbe volume intitulé : *Some Apostles of Physiology*, par WILLIAM STIRLING (London, 1902). Il contient de nombreuses biographies d'anatomistes et de physiologistes des XVIe, XVIIe, XVIIIe et XIXe siècles. La série commence par Vésale et se termine à Huxley, en passant par Servet, Harvey, Malpighi, Leeuwenhœk, Haller, John Hunter, Galvani, Spallanzani, Lavoisier, Bichat, Magendie, Bell, Hales, C. Ludwig, Müller, Schwann, Cl. Bernard, Pasteur, Helmholtz, Donders, du Bois-Reymond, etc., etc. Le texte est irréprochable. Les illustrations nombreuses sont de toute beauté. Elles valent les originaux qu'elles reproduisent. Le John Hunter de la reine (« *The queen's* JOHN HUNTER ») du frontispice est une vraie merveille de photogravure. Citons aussi la Leçon d'anatomie de Vésale, les portraits de William Harvey, Descartes, Boyle, Lavoisier, Young, Dalton, etc., et les nombreuses reproductions des figures les plus célèbres des travaux des physiologistes cités ;

7° Une série assez nombreuse de Monographies, parmi lesquelles nous remarquons :

E. GLEY : *Etudes de Psychologie physiologique et pathologique* (les conditions physiologiques de l'activité intellectuelle, les mouvements musculaires inconscients, le sens musculaire, les aberrations de l'instinct sexuel). Paris, F. Alcan, 1903;

POTAIN : *La pression artérielle de l'homme à l'état normal et pathologique*. Paris, Masson, 1902;

E. AUBERT : *Les phénomènes de la vie chez l'homme*. Paris, André, 1903;

GILBERT et CARNOT : *Les fonctions hépatiques*. Paris, C. Naud, 1902;

VICTOR HENRI : *Lois générales de l'action des diastases*, Thèse de la Fac. des Sciences de Paris, 1903;

C. F. JICKELI : *Die Unvollkommenheit des Stoffwechsels als Veranlassung für Vermehrung, Wachsthum, Differenzirung, Rückbildung und Tod der Lebewesen im Kampf ums Dasein*. Berlin, Friedländer et Sohn, 353 pages, 1903;

F. FRANKENHAUSER : *Das Licht als Kraft und seine Wirkungen, auf Grund der heutigen naturwissenschaftlichen Anschauungen für Mediciner dargestellt*. Berlin, 1902, 74 pages;

J. BERNSTEIN : *Die Kräfte der Bewegungen in der lebenden Substanz*. Braunschweig, F. Vieveg, 1902;

R. HÖBER : *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*. Leipzig, W. Engelmann, 1902;

J. VON KRIES : *Abhandlungen zur Physiologie der Gesichtsempfindungen*. Leipzig, J. A. Barth, 1902;

FRITZ HARTMANN : *Die Orientirung. Die Physiologie und Pathologie derselben*. Leipzig, Vogel, 1902;

MAX VERWORN : *Die Biogenhypothese. Eine Kritish-experimentelle Studie über die Vorgänge in der lebendigen Substanz*. Iena, G. Fischer, 1903;

R. DUBOIS-REYMOND : *Specielle Muskelphysiologie oder Bewegungslehre*. Berlin, Aug. Hirschwald, 1903;

ALBRECHT BETHE : *Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems*. Leipzig, G. Thieme, 1903;

8° Enfin, *last not least*, le premier volume du Catalogue annuel des travaux de Physiologie :

International Catalogue of Scientific litterature. First annual issue. Physiology including Experimental Psychology, Pharmacology, and Experimental Pathology, Part I : 1901. London, Harrison and Sons, 1902, 404 pages, publié sous les auspices d'un Comité international, par les soins de la Société Royale de Londres. Les titres des travaux de Physiologie parus en 1901 y sont répartis systématiquement suivant une classification décimale ana-

logue à celle préconisée par Ch. Richet et la *Société de Biologie* de Paris. Il y a également la liste alphabétique des auteurs et la division des matières en quatre langues: anglais, français, allemand et italien.

§ 2. — **Nécrologie.**

Depuis notre dernière revue, nous avons à déplorer la mort des professeurs de Physiologie : Huizinga, de Groningue, Léonard Landois, de Greifswald, Nawrocki, de Varsovie, Oehl, de Pavie, Rollett, de Gratz, Vitzou, de Bucarest, et von Vintschgau, d'Innspruck ; d'Hénocque, sous-directeur du Laboratoire de Physique biologique à l'école des Hautes-Études; de Laborde, chef des travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris; de Sanson, professeur à l'Institut agronomique et à l'École de Grignon ; d'A. Walther, de Saint-Pétersbourg, élève et collaborateur de Pawlow (tué le 16 juillet 1902, dans un accident de chemin de fer); de Henry C. Pearce, ancien lecteur de Physiologie au *Starling medical College of Columbus*, et des deux directeurs du *Centralblatt für Physiologie*[1], décédés à quelques jours d'intervalle, Immanuel Munk († Berlin, 1er Août 1903) et Sigmund Fuchs († Vienne, le 30 juillet 1903).

Citons également parmi les morts de l'année : Colasanti, professeur de Pharmacologie à Rome; P. Plósz, professeur de Pathologie à Pesth; Stokvis, professeur de Pathologie générale à Amsterdam, et Rud. Virchow, professeur d'Anatomie pathologique à Berlin, dont l'activité s'était exercée, au moins en partie, dans le domaine de la Chimie physiologique.

§ 3. — **Institut Marey.**

La Commission internationale de Contrôle des instruments enregistreurs et d'Unification des méthodes en Physiologie s'est réunie à l'Institut Marey (Station physiologique du Parc des Princes) au mois de juin 1902 et au mois d'octobre 1903.

Outre ses travaux purement scientifiques, elle a eu à résoudre des questions d'organisation des plus importantes au point de vue de l'avenir matériel de l'institution.

La Commission a adopté, dans la séance du 27 juin 1902, la dénomination officielle d'*Association internationale de l'Institut Marey*, et a élaboré ses *statuts*, de manière à permettre la déclaration d'utilité publique. Cette *déclaration*, qui assure au nouvel organisme scientifique international la *personnalité civile* avec tous ses avantages, a été obtenue par décret en date du 30 juillet 1903.

[1] La direction du *Centralblatt für Physiologie* a été reprise par R. du Bois-Reymond, de Berlin, et A. Kreidl, de Vienne.

II. — Sang, Respiration, Circulation.

§ 1. — **Sang et respiration.**

1. *Albumines et globulines du sang.* — Les substances albuminoïdes, et notamment celles du sang, ont fait, dans ces derniers temps, l'objet de nombreux travaux, ayant pour résultat de préciser leurs propriétés chimiques et physiques. Ne pouvant tout analyser, nous nous bornerons à signaler quelques-uns des progrès réalisés dans ces dernières années.

En ce qui concerne les substances albuminoïdes du sérum sanguin, on admettait encore, il y a peu de temps, qu'elles sont au nombre de deux : l'albumine proprement dite, soluble dans l'eau distillée et un grand nombre de solutions salines, même concentrées, et la globuline ou paraglobuline, insoluble dans l'eau distillée et les solutions salines saturées, soluble seulement dans les solutions salines diluées. Un excellent moyen pour séparer ces deux substances consiste à saturer le sérum à moitié au moyen de sulfate ammonique, en mélangeant par exemple un volume de sérum avec un volume de solution saturée de sulfate ammonique (méthode de Kauder, 1886). Toute la globuline est précipitée, tandis que toute l'albumine reste en solution. L'albumine se précipite à son tour si l'on achève la saturation du liquide au moyen du même sel.

On a reconnu, dans ces dernières années, que la globuline et l'albumine ainsi préparées sont probablement des mélanges de plusieurs globulines et de plusieurs albumines. Halliburton, étudiant la température de coagulation de l'albumine du sérum, avait constaté que cette substance se comporte comme un mélange de trois albumines différentes α, β et γ, ayant chacune leur température spécifique de coagulation.

Marcus[1] a montré pareillement que la globuline du sérum est un mélange d'au moins deux globulines ou de deux groupes de globulines: l'une, l'*euglobuline*, est insoluble dans l'eau et se précipite, par conséquent, en entier lorsqu'on soumet la solution de globuline à la dialyse prolongée, vis-à-vis de l'eau distillée; l'autre, la *pseudoglobuline*, reste dans ce cas en solution. La précipitation fractionnée au moyen de sulfate ammonique permettrait, d'après Porges et Spiro[2], de distinguer dans le sérum au moins une *euglobuline* (33 °/₀ Am^2SO^4) et deux *pseudoglobulines* (α et β) (38 à 46 °/₀ Am^2SO^4).

La pseudoglobuline, soluble dans l'eau, comme l'albumine proprement dite, se distingue facilement de cette dernière en ce qu'elle est précipitée

[1] Marcus : *Zeits. f. physiol. Chemie*, t. XXVIII, p. 559.
[2] *Hofmeister's Beitr. z. chem. Physiol. u. Path.*, III, p. 277.

intégralement par demi-saturation au moyen de Am^2SO^4, tandis que l'albumine reste en solution, dans ces conditions, comme il a été dit plus haut.

E. Freund et J. Joachim[1] ont poussé encore plus loin la séparation des différentes portions de l'ancienne globuline du sérum sanguin.

Ils y distinguent, outre une globuline de fibrine et une nucléoglobuline, au moins deux globulines insolubles dans l'eau distillée (*euglobuline* et *para-euglobuline*) et deux globulines solubles (*pseudo-globuline* et *parapseudoglobuline*).

La précipitation fractionnée au moyen du sulfate ammonique a permis à Carl Oppenheimer[2] de séparer l'albumine du sérum en deux portions, l'une qui se précipite dans les solutions contenant de 53 à 66 % de Am^2SO^4, l'autre qui ne se précipite qu'à partir de 70 % Am^2SO^4.

Cependant, il peut rester quelques doutes sur la validité de cette méthode des précipitations fractionnées pour caractériser différentes substances albuminoïdes. Ainsi, Hougardy n'a trouvé aucune différence ni dans le point de coagulation par la chaleur, ni dans la rotation spécifique polarimétrique des différentes fractions d'albumines, précipitées successivement par Am^2SO^4.

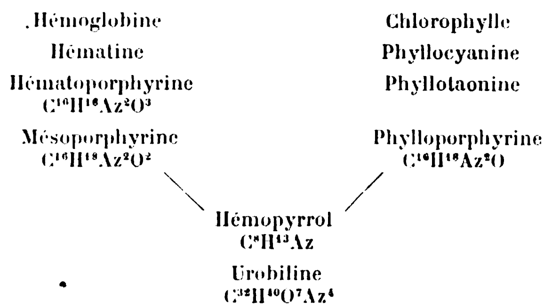
Cette séparation présente un certain intérêt au point de vue des questions d'immunité. Si l'on réalise la précipitation fractionnée des globulines et des albumines dans un échantillon de sérum contenant un *anticorps spécifique*, on constate que cet anticorps se retrouve en entier dans une fraction déterminée de la précipitation. Ainsi Seng a constaté que l'*antitoxine diphtéritique* est toujours contenue dans la pseudoglobuline, c'est-à-dire dans la portion précipitée entre 38 et 46 % de Am^2SO^4. Fuhrmann a constaté la même particularité en ce qui concerne les précipitines et les hémolysines[3].

2. *Rotation spécifique de l'hémoglobine, des nucléo-protéides et des nucléines.* — Jusqu'à présent, on avait cru que tous les corps albuminoïdes, sans exception, sont lévogyres. Gamgee et Croft Hill[4] ont constaté que plusieurs protéides font exception à cette règle. C'est notamment le cas pour la matière colorante des globules rouges du sang. L'hémoglobine, tant oxygénée qu'oxycarbonée, dévie à droite le plan de la lumière polarisée. Elle présente une rotation spécifique $(\alpha) C = + 10°4$ pour la lumière rouge voisine de C (λ 665,3 $\mu\mu$). Par contre, la globine, qui résulte du dédoublement de l'hémoglobine, et qui appartient au groupe des histones, est lévogyre : $(\alpha) C = - 54°2$.

[1] *Zeits. f. physiol. Chem.*, t. XXXVI, p. 407.
[2] *Arch. f. Physiologie*, 1903, p. 201.
[3] *Hofmeister's Beitr.*, III, p. 417.
[4] *C. R. Soc. Biologie*, 1903, p. 223.

Gamgee et Walter Jones[1] ont pareillement constaté que tous les nucléoprotéides du pancréas, du thymus, de la glande surrénale, etc., sont des corps dextrogyres : $(\alpha) D = + 37°58$ pour la nucléohistone du thymus ; $(\alpha) D = + 97°9$ pour le nucléoprotéide du pancréas. Les nucléines provenant du dédoublement des nucléoprotéides (par perte d'une fraction des molécules albumineuses qui lui appartiennent) ont une rotation spécifique plus forte que les nucléoprotéides dont elles dérivent.

3. *Hémoglobine et chlorophylle.* — Les recherches de von Nencki[2] ont établi des relations chimiques fort intéressantes entre la matière colorante verte des plantes, ou chlorophylle, et l'hémoglobine de notre sang. Ainsi l'*hématoporphyrine*, qui dérive de l'*hématine*, et la *phylloporphyrine*, qui est un dérivé de la *chlorophylle*, peuvent toutes deux se transformer par les mêmes agents en *hémopyrrol*, puis en *urobiline*, comme le montre le tableau suivant :



4. *Tension des gaz du sang veineux.* — Depuis les travaux déjà anciens de Pflüger et de ses élèves, Wolffberg, Strasburg, Nussbaum, plusieurs expérimentateurs ont repris l'étude de la tension des gaz du sang artériel. Par contre, la tension des gaz du sang veineux était mal connue.

Falloise[3] vient de combler cette lacune de nos connaissances.

Il a constaté, au moyen d'un *aérotonomètre* spécial, les valeurs suivantes pour la tension moyenne des gaz du sang veineux, chez des chiens qui avaient reçu en injection intraveineuse une solution de propeptone ou d'extrait de sangsue : CO^2, 6 % d'une atmosphère ; O^2, 3,6 % d'une atmosphère. La tension de ces gaz varie, d'ailleurs, dans d'assez larges limites, d'un animal à l'autre et d'un moment à l'autre chez le même animal.

5. *Oxyde de carbone du sang.* — Outre l'oxygène, l'acide carbonique et l'azote (+ argon), le sang de

[1] *C. R. Soc. Biologie*, 1903, p. 225.
[2] Voir N. Sieber-Schumoff : *München. med. Wochenschr.*, 1902, p. 1873.
[3] *Bull. Acad. de Belg.*, 1902.

l'homme et des Mammifères contient toujours de petites quantités d'oxyde de carbone. Nicloux[1] a montré que cet oxyde de carbone est un élément constant, se retrouvant dans le sang des Mammifères saignés à la campagne, loin de l'atmosphère des villes et des foyers de production de l'oxyde de carbone. Il a répété l'expérience en mer, sur la côte de Bretagne, et a obtenu le même résultat.

§ 2. — Circulation.

1. *Nerfs d'arrêt du cœur.* — Le cœur extrait, et, par conséquent, isolé du reste de l'organisme, peut continuer à battre pendant un temps plus ou moins long : il renferme donc en lui-même tous les éléments de ses mouvements rythmés. Il n'en est pas moins soumis à l'influence du système nerveux central. On sait depuis longtemps (E. Weber, 1845) que certaines fibres nerveuses agissent pour ralentir le rythme des battements du cœur (*pneumogastrique* ou *nerf modérateur du cœur*); d'autres, au contraire, ont pour fonction d'accélérer ce rythme (nerfs accélérateurs).

Le pneumogastrique s'anastomose à sa sortie du crâne avec d'autres nerfs : il reçoit notamment du spinal un gros faisceau nerveux (branche interne du spinal). On a cru pendant longtemps, sur la foi d'expériences de Waller et de Cl. Bernard, que les fibres modératrices du pneumogastrique cervical, les nerfs d'arrêts du cœur, ne lui appartenaient pas en propre, mais étaient empruntées à la branche interne du spinal.

Cl. Bernard avait affirmé que, si l'on arrache la branche interne du spinal et si l'on conserve ensuite l'animal en vie, de manière à laisser au bout périphérique des fibres nerveuses arrachées le temps de subir la dégénérescence wallérienne, on constate que les fibres d'arrêt du pneumogastrique sont parmi ces fibres dégénérées. En effet, chez l'animal opéré comme il vient d'être dit, l'excitation électrique du pneumogastrique cervical a perdu toute action sur le cœur. Cette étude a été reprise récemment de différents côtés au moyen d'une technique perfectionnée. Van Gehuchten[2] a répété l'expérience de Cl. Bernard et de Waller, mais en sectionnant, chez le lapin, tous les filets d'origine du spinal, contre la moelle allongée, de manière à éviter les lésions grossières et un peu incertaines résultant de l'arrachement du nerf. L'animal est maintenu en vie : quelques jours suffisent pour que les fibres provenant du spinal aient subi la dégénérescence traumatique. A ce moment, on constate que l'excitation du pneumogastrique cervical a conservé toute son action modératrice sur les pulsations du cœur. Les fibres modératrices ne venaient donc pas du nerf détruit (le spinal), mais appartenaient en propre au pneumogastrique.

[1] *C. R. Soc. Biol.*, t. LIV, p. 1167.
[2] *Bull. Acad. méd. Belg.*, t. XVI, p. 705, 1902.

Schaternikoff et Friedenthal[1] sont arrivés à la même conclusion par l'excitation électrique directe des filets d'origine du spinal et du pneumogastrique et des noyaux bulbaires de ces nerfs.

2. *Suppression de tous les nerfs extrinsèques du cœur.* — Friedenthal[2] a montré aussi que les nerfs extra-cardiaques peuvent tous être coupés chez le chien et le lapin, sans que le fonctionnement du cœur soit modifié notablement. Si l'animal survit à l'opération, on constate, au bout d'un certain temps, le retour à la fréquence normale des pulsations cardiaques. Les nerfs extra-cardiaques ne semblent pas contenir de fibres trophiques pour le cœur.

3. *Action locale de la pression intérieure sur les artères.* — Bayliss[3] a constaté la dilatation active des vaisseaux artériels à la suite d'une diminution de pression sanguine, le resserrement de ces mêmes vaisseaux sous l'influence d'une augmentation de pression. Ces réactions se montrent encore sur des vaisseaux dont tous les nerfs ont été sectionnés : on peut les observer, pendant plusieurs heures, sur une carotide de chien extraite du corps. L'auteur considère ces réactions comme d'origine purement myogène.

4. *Circulation veineuse et pulmonaire.* — Signalons deux Monographies consacrées à la circulation pulmonaire par Tigerstedt[4] et Plumier[5], une étude détaillée de la circulation dans la veine jugulaire par Burton-Opitz[6], et une *Contribution à la physiologie du système veineux* par Ducceschi[7].

5. *Appareils enregistreurs.* — Enfin, comme progrès réalisé dans la technique de l'étude de la circulation par la méthode graphique, il y a à mentionner les nouveaux appareils de Blix[8], fabriqués par le mécanicien Sandström, de Lund (Suède), notamment de petits tambours à levier de Marey, où le caoutchouc, toujours si altérable, est heureusement remplacé par une membrane flexible en celluloïde, et un cylindre enregistreur à moteur électrique. La marche de ce cylindre est irréprochable. Les vitesses sont toutes représentées par des multiples ou des sous-multiples (par 5 ou 10 du millimètre : 1000, 500, 100, 50, 10, 5, 1 millimètre, 0,5 millimètre, 0,1 et 0,05 millimètre à la seconde. On peut immédiatement passer d'une

[1] *Arch. f. Physiologie*, 1902, p. 53.
[2] *Arch. f. Physiol.*, 1902, p. 135.
[3] *Journ. of Physiol.*, t. XXVIII, p. 220.
[4] *Skandin. Arch. f. Physiol.*, 1902.
[5] *Mém. Acad. r. de Belg.*, 1903.
[6] *Amer. Journ. of Physiol.*, VII, p. 435, 1902.
[7] *Arch. ital. Biol.*, t. XXXVII, p. 12.
[8] *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1902, t. XC, p. 405.

vitesse à l'autre; l'arrêt et le départ du cylindre s'obtiennent également instantanément.

III. — Digestion, nutrition, fermentations.

§ 1. — **Digestion.**

Les découvertes sensationnelles de Pawlow et de ses élèves ont remis à l'ordre du jour les recherches sur la digestion. Aucun chapitre de la Physiologie n'a fourni dans ces dernières années une telle moisson de faits inattendus et d'aperçus nouveaux. Un bon tiers de ma revue de Physiologie de l'an dernier était consacré à l'étude des sucs digestifs, de leur mode d'action et de leur sécrétion. Quelques mois seulement se sont écoulés, et j'ai de nouveau à signaler des découvertes intéressantes concernant la digestion.

1. *Sécrétion de la salive.* — Les récentes expériences de Pawlow ont montré l'importance considérable que présentent les influences psychiques pour la sécrétion de la salive. Antérieurement déjà, Pawlow avait constaté que la salive épaisse, visqueuse, riche en matériaux solides (telle que celle que fournit la glande sous-maxillaire lorsqu'on excite le grand sympathique), joue un rôle purement mécanique dans la déglutition.

Elle a pour fonction de faciliter la formation du bol alimentaire et surtout d'assurer le glissement de ce bol dans l'acte de la déglutition. Cette *salive de déglutition* est sécrétée, de préférence, quand on donne à manger au chien une ration de pain, surtout de pain sec, comme on peut s'en assurer sur des animaux porteurs de fistule salivaire : la vue seule du pain suffit pour provoquer, par voie psychique, la sécrétion de cette salive visqueuse.

Si l'on place sur la langue du chien des substances caustiques (acide chlorhydrique) ou présentant un goût désagréable (amer), il se produit, au contraire, une salive très abondante, très aqueuse, semblable à celle que l'on obtient par l'excitation artificielle de la corde du tympan. Cette salive agit en diluant la substance nuisible. Elle peut également être sécrétée par action psychique, comme le montre l'expérience suivante : L'acide dont se servait Pawlow avait été exprès coloré en noir, afin que le chien pût reconnaître de loin, et par la simple vue, le flacon à acide. Au bout d'un certain nombre d'expériences, la couleur noire du liquide et le goût acide étaient tellement associés dans les idées du chien, qu'il suffisait de s'approcher de lui avec le flacon débouché pour que la sécrétion de dilution s'établit et qu'un abondant flux de salive s'écoulât par la fistule [1].

Les chiens ont l'habitude de lécher leurs plaies; cet acte s'accompagne de salivation. Toute lésion de la peau pratiquée au thermocautère chez le chien a pour effet de produire immédiatement une salivation abondante : il n'y a d'exception à cette règle que si le thermocautère attaque la peau de la partie supérieure ou postérieure de la tête, seule région que ne puisse atteindre la langue de l'animal : dans ce cas, le flux de salive ne se montre pas.

Si l'expérience des brûlures au thermocautère a été faite plusieurs fois sur le même animal, le flux de salive peut s'établir à la seule vue de l'allumage du thermocautère, alors que ce simulacre n'est suivi d'aucune lésion réelle.

Pawlow a découvert ainsi toute une série d'influences psychiques pouvant provoquer la sécrétion salivaire et en modifier la qualité ; elles font songer à la sécrétion psychique du suc gastrique, découverte il y a quelques années par Pawlow et Madame Schumowa-Simanowskaya (voir la revue de Physiologie de 1902).

2. *Autodigestion de l'estomac, de l'intestin, des vers intestinaux.* — Pourquoi la paroi de l'estomac, qui est, en somme, formée de matières albuminoïdes, n'est-elle pas attaquée, pendant la vie, par la pepsine du suc gastrique. Pourquoi le suc pancréatique, qui dissout si facilement l'albumine alimentaire, ne porte-t-il pas son action peptonisante sur la substance de l'intestin lui-même ou sur les vers intestinaux? Comme je le rappelais dans ma revue annuelle de Physiologie de 1897 [1], on a donné à cette question une série de réponses, aussi peu satisfaisantes les unes que les autres. On a, tour à tour, invoqué l'alcalinité de la muqueuse stomacale et la neutralisation de l'acide du suc gastrique par le plasma sanguin ou lymphatique des tissus sous-épithéliaux, la protection de l'épithélium par le mucus superficiel, l'impénétrabilité des cellules épithéliales pour les ferments digestifs, l'insolubilité de l'albumine vivante dans les sucs digestifs, etc. Weinland a montré qu'aucune de ces explications n'est applicable au cas des vers intestinaux. Il semble avoir enfin trouvé le mot de l'énigme. Si les substances albuminoïdes des vers intestinaux résistent à l'action protéolytique de la pepsine du suc gastrique et de la trypsine du suc pancréatique, c'est qu'elles sont protégées par des *antiferments* (substances contenues dans les extraits aqueux préparés au moyen des vers intestinaux écrasés). L'antiferment est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et détruit par l'ébullition. Un flocon de fibrine imprégné d'antiferment résistera pendant des journées entières à l'action d'un suc pancréatique

[1] Voir. Otto Cohnheim : *Münchener med. Wochenschr.*, 1902, p. 2173.

[1] *Revue gén. des Sciences*, 15 novembre 1897, p. 87.

très actif. L'addition d'une certaine quantité d'antiferment ou de suc exprimé du corps des vers intestinaux suffit, de même, pour paralyser plus ou moins complètement l'action digestive de la pepsine ou de la trypsine. L'auteur admet comme probable l'existence de plusieurs antiferments : l'antipepsine serait différente de l'antitrypsine, etc.[1].

Il semble résulter d'expériences analogues que c'est à la présence d'antipepsine, d'antitrypsine, que les parois de l'estomac et de l'intestin doivent leur résistance *in vivo* à l'action digestive du suc gastrique et du suc pancréatique. Ici aussi Weinland parvint à extraire des antiferments, au moyen de macérations de muqueuse d'estomac ou d'intestin grêle. Pour l'estomac, se présenta la difficulté que l'extrait de la muqueuse contient à la fois la pepsine et l'antipepsine. Weinland parvint à séparer le ferment de l'antiferment par précipitation fractionnée au moyen d'alcool.

Presque en même temps que Weinland, Dastre et Stassano[2] reprenaient la question de l'influence exercée par la macération de vers intestinaux sur la digestion pancréatique. Ils montraient, par une analyse des plus subtiles, que l'explication de Weinland n'est vraie que dans une certaine mesure. La macération de tænia contient, non un *antiferment* proprement dit, une *antitrypsine*, comme le croit Weinland, mais seulement une *antikinase*, c'est-à dire une substance qui neutralise les effets de la *kinase* (*entérokinase*, voir plus loin) sur le suc pancréactif inactif.

Voici, par exemple, le détail d'une expérience : On fait agir la macération de tænia (antikinase) sur une solution de kinase pendant quatre heures, puis on met ce mélange en présence de suc pancréatique inactif. Cette liqueur est absolument inactive sur l'albumine cuite : au bout de dix-huit heures, le cube n'est pas digéré.

Au contraire, si, employant exactement les mêmes liqueurs, on a mis la macération de tænia d'abord pendant quatre heures en présence du suc pancréatique et qu'ensuite on fasse le mélange avec la kinase, la digestion du cube d'albumine est complète dans le même temps.

Les auteurs ont montré de plus que l'effet *anti* de l'antikinase est le résultat d'une *inhibition* et non d'une *destruction* de la kinase. La démonstration de ces faits était entourée de difficultés considérables, dues notamment au fait que l'antikinase se détruit spontanément, avec rapidité, à + 37°, et qu'il en est de même, mais à un degré plus faible, pour la kinase, au moins dans certaines conditions expérimentales, notamment en l'absence de suc pancréatique.

[1] *Z. f. Biol.*, 1902, t. XLIV, p. 1 et 45.
[2] *C. R. Soc. de Biol.*, 1903, p. 130, 588, 633.

3. *Suc pancréatique et entérokinase.* — J'ai signalé, dans ma revue de l'an passé, la découverte, faite par Pawlow et Chepowalnikow, d'un ferment contenu dans le suc intestinal du chien et qui jouit de la propriété d'augmenter dans une proportion énorme l'activité digestive du suc pancréatique. Ce ferment a été retrouvé dans le suc intestinal de l'homme par Hamburger et Hekma[1]. Pawlow admettait qu'il s'agit d'un *ferment des ferments*, c'est-à-dire d'une substance qui n'a pas par elle-même d'action directe sur les substances fermentescibles, mais qui agit sur celles-ci par l'intermédiaire d'autres ferments, en exaltant l'action de ces derniers. Il lui avait donné le nom d'*entérokinase*. Pawlow croyait que l'entérokinase agit sur tous les ferments du suc pancréatique : on a reconnu depuis que l'action du suc intestinal est nulle sur la *lipase* et au moins douteuse sur la *diastase* du suc pancréatique. L'action protéolytique du suc pancréatique se trouve seule exaltée par la présence de l'*entérokinase*. Cette action se trouve expliquée aujourd'hui d'une façon assez simple. Le suc pancréatique naturel, recueilli à l'abri de tout mélange avec le suc intestinal, ne contiendrait pas de traces de *trypsine* d'après Delezenne[2] et Hamburger, mais seulement du *trypsinogène*, proferment inactif par lui-même, mais que l'*entérokinase* transforme rapidement en *trypsine*. Il en résulte que la digestion des albuminoïdes dans l'intestin réclame le concours du suc pancréatique et du suc entérique. Ces deux liquides, inactifs quand on les emploie isolément, fournissent, par leur mélange, un suc qui digère rapidement les albuminoïdes. Le proferment du suc pancréatique a besoin de l'entérokinase du suc intestinal pour se transformer en trypsine et intervenir activement dans la digestion des albuminoïdes.

Pawlow a reconnu lui-même l'exactitude de l'explication de Delezenne, au moins en ce qui concerne les chiens nourris de pain : leur suc pancréatique ne contient que du trypsinogène, mais pas de trypsine, et ne devient actif qu'après son contact avec le suc intestinal. Les chiens nourris de viande n'auraient, d'après lui, que de la trypsine (sans trypsinogène) dans leur suc pancréatique. Enfin, le suc pancréatique qui correspond à un repas mixte de pain et de viande contient, d'après lui, un mélange de trypsine et de trypsinogène.

Delezenne fait jouer un rôle important aux leucocytes des plaques de Peyer dans la fabrication de l'*entérokinase*. Le suc intestinal semble ne pas contenir d'*entérokinase* dans l'intervalle des digestions pancréatiques; l'entérokinase ne commence-

[1] *J. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1902.
[2] *C. R. Soc. Biol.*, 1902 et 1903. Voir aussi Camus et Gley : *C. R. Soc. Biol.*, 1902.

rait à se former par voie réflexe que lorsque le trypsinogène est déversé avec le suc pancréatique dans l'intestin. L'arrivée du trypsinogène dans l'intestin et son contact avec la muqueuse constitueraient le *primum movens* de la sécrétion de l'entérokinase.

Il ne faut pas, semble-t-il, identifier le *trypsinogène* trouvé par Delezenne et d'autres, dans le suc pancréatique, avec le *zymogène*, décrit autrefois par Heidenhain dans le tissu même du pancréas. *Zymogène* et *trypsinogène* sont probablement deux stades successifs conduisant à la formation du ferment *trypsine*.

D'après Vernon, la trypsine elle-même agirait comme l'*entérokinase*, pour transformer le trypsinogène en trypsine.

4. *Digestion des graisses par l'action combinée de la bile et du suc pancréatique.* — Il parait bien aussi que la *lipase*, c'est-à-dire le ferment qui saponifie les graisses, se trouve dans le suc pancréatique à l'état de *proferment*. Ce *proferment* se transforme en *lipase* par l'action de la bile. La digestion des graisses suppose donc l'action combinée du suc pancréatique et de la bile.

Il y a là quelque chose d'analogue à ce que nous venons de rencontrer pour le *ferment protéolytique* du suc pancréatique. De même que le suc pancréatique n'acquiert la faculté de digérer les albuminoïdes qu'après avoir subi l'action du suc intestinal, de même il n'est capable de digérer la graisse qu'après avoir subi l'action de la bile. Bile et suc pancréatique sont tous deux indispensables à la digestion et à la résorption de la graisse alimentaire. Nous aurions enfin l'explication, vainement cherchée jusqu'à présent, d'un certain nombre de faits connus depuis longtemps, et d'après lesquels l'absence de bile dans l'intestin rend impossible l'absorption digestive de la graisse. On sait, par exemple, que la graisse alimentaire traverse le tube digestif et se retrouve dans les excréments, tant chez les chiens auxquels on a pratiqué une fistule de la vésicule biliaire, déversant la bile à l'extérieur, que chez les malades atteints d'ictère, par suite d'une obstruction pathologique des voies biliaires.

On sait également, par les belles expériences de Dastre, que, chez les chiens porteurs de fistule cholécysto-intestinale, la graisse n'est digérée et absorbée dans l'intestin qu'à partir du niveau où elle a subi l'action de la bile.

Dans l'opération de la fistule cholécysto-intestinale, on laisse le suc pancréatique continuer à se déverser au début de l'intestin grêle, tout près du pylore de l'estomac, mais on crée une voie nouvelle pour l'écoulement de la bile, en abouchant la vésicule biliaire avec une portion de l'intestin grêle assez éloignée du pylore. On a soin de lier le canal cholédoque. Les substances alimentaires, et notamment la graisse, sont ainsi soumises, pendant un trajet intestinal assez long, à l'action du suc pancréatique seul, et ce n'est que plus loin que l'action de la bile vient s'y ajouter. On prend un chien sur lequel on a pratiqué la fistule cholécysto-intestinale quelques semaines auparavant, et qui est tout à fait remis des suites de l'opération, et on lui administre un repas riche en graisse, puis on lui ouvre l'abdomen pour vérifier, par l'inspection des chylifères, où en est la digestion et l'absorption des graisses dans les différentes portions de l'intestin. Or, on ne trouve de chylifères lactescents, c'est-à-dire contenant de la graisse digérée, que dans la seconde portion de l'intestin, c'est-à-dire exactement à partir du niveau où la bile est venue ajouter son action à celle du suc pancréatique.

Cette expérience de Dastre, qui prouve la nécessité de la bile pour la digestion de la graisse, est pour ainsi dire la contre-partie de la célèbre expérience de Claude Bernard, prouvant la nécessité de l'intervention du suc pancréatique dans la digestion de la graisse.

On sait que, chez le lapin, il existe naturellement une disposition anatomique inverse de celle que Dastre réalise chez le chien par son opération. Chez le lapin, la bile est déversée au commencement du duodénum, tandis que le conduit de Wirsung, par lequel s'écoule le suc pancréatique, débouche 20 à 30 centimètres plus loin. Or, chez le lapin qui a ingéré de la graisse, les chylifères ne deviennent lactescents qu'à partir du point d'abouchement du conduit de Wirsung. L'observation de Claude Bernard et l'expérience de Dastre montrent que le suc pancréatique et la bile sont tous deux indispensables à la digestion de la graisse. Et les recherches récentes nous donnent la clef de cette action.

5. *Suc intestinal et digestion des albuminoïdes. Érepsine.* — On admet assez généralement, avec Hofmeister (1881-1887), Shore (1890) et Neumeister (1890), que les albumoses et les peptones, formées dans l'intestin par l'action digestive de la pepsine et de la trypsine, servent à reconstituer immédiatement et sur place de l'albumine proprement dite. Cette synthèse serait réalisée par l'épithélium intestinal. Parmi les arguments invoqués par Hofmeister, je citerai les expériences faites *in vitro* sur des mélanges de propeptones et de peptones, auxquels on ajoute des fragments de muqueuse intestinale, empruntées à un animal récemment sacrifié. Dans ces conditions, on constate, au bout d'un certain temps, la diminution graduelle, puis la disparition des propeptones et peptones : Hofmeister, Shore et Neumeister admettaient leur transformation en albumine.

La découverte récente de l'*érepsine*[1], faite par Otto Cohnheim, vient de remettre tout en question. L'*érepsine* est un ferment nouveau, que l'on trouve dans le suc intestinal de l'homme et des animaux, et que l'on peut également extraire de la muqueuse intestinale par macération de cette dernière dans l'eau salée. L'érepsine transforme la propeptone et la peptone, non en *albumine*, mais en *leucine*, *tyrosine*, *bases hexoniques* et autres produits azotés, cristallins, de constitution relativement simple, et qui ne donnent plus la réaction du biuret (produits de digestion abiurétiques).

O. Cohnheim admet que la même transformation s'opère *in vivo*, et que la démolition digestive des grosses molécules albuminoïdes se fait par conséquent en deux phases successives : 1[er] *stade*. — La pepsine et la trypsine hydratent la molécule d'albumine et la scindent en plusieurs molécules de propeptone ou de peptone ; 2[e] *stade*. — Ces dernières sont ultérieurement décomposées (par hydrolyse ?), de manière à fournir les produits cristalliniens précités. C'est sous cette dernière forme que l'albumine alimentaire serait utilisée par l'organisme. Cohnheim admet que l'érepsine exerce surtout son action pendant la pénétration lente des substances résorbées à travers les cellules épithéliales de l'intestin. Ce serait une action intra-cellulaire. Le suc intestinal ne contiendrait que fort peu d'érepsine.

Si l'albumine est réellement digérée par l'action de l'érepsine, on devrait pouvoir nourrir un animal avec de la leucine, de la tyrosine, de l'arginine, etc. Ces substances devraient avoir la même valeur nutritive que la peptone et la propeptone et être, comme ces dernières, aptes à remplacer l'albumine en tout ou en partie dans la ration alimentaire. Il sera intéressant de soumettre cette question au contrôle expérimental. Quelques essais, peu nombreux, il est vrai, tentés au laboratoire de Berne par Plumier, ont donné des résultats peu favorables à la doctrine de la valeur nutritive des cristalloïdes azotés provenant de la décomposition des albuminoïdes. O. Lœvi croit avoir constaté, au contraire, la valeur nutritive des produits azotés abiurétiques et leur tranformation en albumine.

L'*érepsine* exerce son action destructive sur la propeptone, la peptone et la caséine, mais est inactive vis-à-vis des matières albuminoïdes proprement dites : fibrine, albumine, etc. Ces faits ont été confirmés de différents côtés, notamment par Lambert[2].

Outre les deux ferments récemment découverts, l'*entérokinase* et l'*érepsine*, le suc intestinal contient, comme on le sait, un *ferment inversif*, qui dédouble les sucres proprement dits ou disaccharoses et les transforme en deux molécules de glycose. On a été amené, dans ces dernières années, à admettre un ferment différent pour chaque espèce de sucre : l'*invertine*, ou *sucrase* proprement dite, dédouble le *sucre de cannes ;* la *lactase* agit sur le sucre de lait ; la *maltase* hydrate le *maltose*.

Ces ferments, qui ne s'adressent qu'à une espèce déterminée de substance fermentescible, ont été comparés à des clefs ne s'appliquant qu'à une serrure déterminée. Les ferments qui agissent, comme la pepsine, sur une catégorie nombreuse de substances sont comme des passe-partout qui ouvrent toutes les serrures.

Ajoutons que la lactase ne se rencontre que chez les animaux, dont l'alimentation contient du sucre de lait, notamment les jeunes mammifères.

Le suc intestinal ne contient que des traces de *ptyaline* (ferment diastasique). Aussi la fécule alimentaire doit sa transformation en dextrine, puis en maltose, non au suc intestinal, mais à peu près exclusivement à l'action de la salive et du suc pancréatique. Mais la ptyaline n'est pas capable de transformer le maltose en glycose ; c'est à la *maltase* du suc intestinal d'achever le travail de transformation digestive de la fécule alimentaire.

Nous avons vu plus haut que la digestion des albuminoïdes se fait, d'après Cohnheim, en deux stades : 1° peptones et propeptones formées par la pepsine et la trypsine des sucs gastrique et pancréatique ; 2° produits azotés cristalliniens formés par l'érepsine contenue surtout dans la paroi intestinale. Il y aurait donc quelque chose d'analogue pour la digestion des féculents ; les deux stades sont ici : 1° formation du maltose par la ptyaline de la salive et du suc pancréatique ; 2° formation du glycose par la maltase du suc intestinal (Hamburger, 1895).

Le suc intestinal n'a aucune action sur les graisses et ne contient pas d'autres ferments que ceux qui ont été mentionnés plus haut[1].

6. *Sécrétine*. — J'ai signalé, dans ma revue de l'an dernier, la découverte de la *sécrétine* par Bayliss et Starling. Jusqu'à présent on avait admis, avec Pawlow et ses élèves, que la sécrétion pancréatique, qui se montre à la suite de la pénétration dans le duodénum de la bouillie acide venant de l'estomac, se produisait par un mécanisme *nerveux* réflexe ; qu'elle était consécutive à l'irritation des nerfs sensibles (ou plutôt centripètes) de la mu-

[1] *Z. f. physiol. Chem.*, t. XXXIII, p. 451, 1901, et t. XXXV, p. 139, 1902.

[2] *C. R. Soc. Biol.*, 1903, p. 416.

[1] Cependant les glandes de Brünner sécrètent, suivant Glaessner, un ferment protéolytique qui agit en milieu neutre, alcalin ou faiblement acide.

queuse duodénale par le contact de l'acide chlorhydrique. Bayliss et Starling ont montré qu'il s'agissait d'un processus *humoral*, se déroulant *sans intervention du système nerveux :* l'acide chlorhydrique provoque dans la muqueuse du duodénum la formation d'une substance spéciale, la *sécrétine* (aux dépens de prosécrétine). Cette sécrétine, passant dans le torrent circulatoire, vient agir localement sur le tissu du pancréas, pour en exciter la sécrétion. Cette théorie nouvelle a été acceptée en tout ou en partie par Wertheimer et Lepage, Camus, Gley, Victor Henri, Portier, Falloise, etc., combattue au contraire par Popielski[1] et Pflüger[2].

A l'appui de la théorie de Bayliss et Starling, on peut citer l'expérience suivante, due à Enriquez et Hallion[3].

Un chien curarisé, chez lequel a été établie une fistule pancréatique temporaire, reçoit dans le duodénum 20 à 30 centimètres cubes d'une solution d'acide chlorhydrique à 5 p. 1.000. Au moment où commence à s'établir la sécrétion pancréatique chez cet animal, on transfuse une partie de son sang, d'artère carotide à veine jugulaire, à un autre chien pourvu, lui aussi, d'une fistule pancréatique temporaire dont on enregistre le débit. Or, chez ce deuxième chien, on voit s'établir rapidement, dans ces conditions, un bel écoulement de suc pancréatique : preuve qu'il existait, dans le sang qui lui a été transfusé, une substance excito-sécrétoire spécifique, c'est-à-dire une *sécrétine*.

Fleig[4] a répété l'expérience, en a varié les conditions, de manière à lever tous les doutes. Seulement, Fleig a montré qu'à côté de cette action humorale, qui est incontestable, l'application d'acide sur la muqueuse duodénale peut cependant, dans certains cas, agir aussi par voie réflexe, comme excitant de la sécrétion pancréatique. Les expériences de Fleig, comme certaines expériences de Wertheimer d'ailleurs, nous conduisent ainsi à admettre, pour l'établissement de la sécrétion pancréatique, un double mécanisme, à la fois humoral et réflexe.

Ajoutons que Bayliss et Starling, Falloise[5] et d'autres ont constaté que l'injection de sécrétine dans le sang excite également la sécrétion hépatique, et que c'est par ce même mécanisme humoral qu'il faut expliquer le flux de bile qui se montre peu de temps après une application d'acide sur la muqueuse duodénale.

Quant à l'action excitante que la sécrétine exercerait sur la sécrétion du suc gastrique (Popielski), et sur celle de la salive, cette action ne serait pas constante et ne dépendrait pas directement d'une action primitive de la sécrétine. La sécrétion salivaire, notamment, serait un phénomène secondaire d'excitation dû à l'anémie de la moëlle allongée[1]. On sait que l'injection de sécrétine peut abaisser notablement la pression sanguine.

[1] *Centralbl. f. Physiol.*, t. XVI, p. 43 et 505.
[2] *Arch. f. d. ges. Physiol.*, XC, p. 1.
[3] *C. R. Soc. Biol.*, 1903, p. 233.
[4] *C. R. Soc. Biologie*, 1903, p. 293 et 462. *Centralblatt f. Physiol.*, t. XVI, p. 681.
[5] *Bull. Acad. Sc. Belg.*, 1903.

§ 2. — Fermentations.

L'étude des ferments solubles a fourni dans ces derniers temps matière à plusieurs séries de travaux intéressants.

1. *Réversibilité des actions diastasiques.* — Hanriot et d'autres ont étudié la *réversibilité* des actions diastasiques. Certains ferments seraient capables de réaliser, suivant le cas, des réactions *exothermiques* ou *endothermiques*. C'est à une action de ce genre que serait due, d'après Danilewski, la formation, à un certain stade de la digestion gastrique, d'une matière albuminoïde insoluble, la *plastéine*, aux dépens des produits de la digestion, peptones et propeptones. Cette régénération d'albumine serait réalisée par le ferment du lab et devrait être comparée à la régénération de la graisse au moyen de glycérine et d'acides gras, régénération que la lipase serait capable d'opérer[2].

2. *Lois des actions diastasiques.* — Victor Henri[3] a établi les lois générales suivant lesquelles s'exerce l'activité des ferments solubles : il leur a consacré une étude magistrale, que le manque d'espace ne nous permet malheureusement pas d'analyser ici. Bornons-nous à signaler une des conclusions générales, que l'auteur formule dans les termes suivants : Malgré les complications et les irrégularités dans la vitesse des actions diastasiques, on peut ramener ces actions aux lois de la Chimie générale, si l'on suppose la formation de combinaisons intermédiaires entre le ferment et les corps qui interviennent dans la réaction. Il n'y a donc pas lieu d'admettre que ces lois de l'action des diastases font exception aux lois de la Chimie générale[4].

3. *Kinases et Antikinases.* — Dastre a montré l'importance que présente dans les phénomènes de fermentation l'intervention de *kinases* et d'*antikinases*, ferments favorisant ou entravant la formation des diastases aux dépens des proferments. L'*entérokinase* de Pawlow, dont il a été question plus haut, devient ainsi le type d'une nouvelle

[1] Bayliss et Starling : *J. of Physiology*, t. XXIX, p. 174.
[2] Voir ma Revue de l'an dernier, *Rev. gén. des Sciences*, 15 juillet 1902, p. 634.
[3] *Thèse Fac. Sc.*, Paris, 1903, et *C. R. Soc. Biol.*, 1902.
[4] *C. R. Soc. Biol.*, 1902, p. 12 9.

classe de ferments. De même, les *antiferments* auxquels Weinland (voir plus haut) attribue la résistance des vers intestinaux et des parois du tube intestinal à l'action des sucs digestifs (voir plus haut) ne constituent qu'un cas particulier de l'existence des *antikinases* ou ferments d'inhibition (vis-à-vis des kinases)[1].

4. *Autodigestion et Autolyse.* — Dès 1880, Salkowski, de Berlin, avait signalé le rôle important que jouent les ferments intracellulaires dans l'*autodigestion post mortem* des tissus animaux. Jacoby, Conradi, Hedin, Rowland, Kutscher, Müller, Levene, Rey ont montré, dans ces tout derniers temps, la généralité de ce phénomène de liquéfaction par fermentation du protoplasme mort, auquel Jacoby donna le nom d'*autolyse*. Dans l'autolyse du foie, étudiée spécialement par Jacoby[2] et Magnus-Lévy[3], on constate la transformation des albuminoïdes en produits azotés, analogues à ceux de la digestion par la trypsine, et celle du glycogène en acides lactique, acétique, butyrique, succinique, etc.

Ces phénomènes d'autolyse, qui dédoublent les grosses molécules d'albumine, de graisse, d'hydrocarbonés en fragments plus simples et plus nombreux, doivent avoir pour conséquence l'augmentation progressive, après la mort, de la concentration moléculaire des tissus et des sucs qui les baignent. C'est ce que Sabbatani et l'auteur de ces lignes ont pu constater au moyen de la méthode cryoscopique. Le point de congélation des muscles, du foie, des reins, etc., dont la valeur est un peu plus forte pendant la vie que celle du sang, s'en éloigne progressivement si l'on extrait les organes et si on les conserve aseptiquement ou antiseptiquement. Ainsi la concentration moléculaire du foie isolé peut doubler dans l'espace de deux fois vingt-quatre heures.

L'autolyse joue un rôle intéressant dans la préparation culinaire de la viande et des organes animaux qui servent à notre alimentation : elle rend la viande plus tendre et en augmente les qualités sapides. C'est l'autolyse qui rend compte de la maturation du hareng-saur et d'autres conserves d'aliments animaux préparées à froid.

L'autolyse interviendrait également dans un grand nombre de phénomènes pathologiques, notamment dans la fonte du tissu cancéreux. D'après Fr. Müller (1902), c'est par *autolyse* que s'opérerait, à la période de résolution de la pneumonie aiguë, la liquéfaction de l'exsudat solide, qui remplit les alvéoles pulmonaires.

[1] Voir aussi Korschun : Ueber Lab und Antilab. *Zeits. f. physiol. Chemie*, t. XXXVI, p. 141.
[2] *Zeit. f. physiol. Chemie*, t. XXX.
[3] *Hofmeister's Beiträge*, t. II, 1902.

5. *Ferments digestifs de l'urine.* — Des ferments analogues aux diastases digestives sont donc répandus à profusion dans tous nos organes : on peut se demander si cela n'explique pas suffisamment la présence de pepsine, de diastase, etc., dans les urines humaines (présence qui avait été signalée par Brücke dès avant 1860), et sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une infiltration de pepsine provenant de l'estomac. C'est cependant dans ce dernier sens que la question vient d'être résolue par une expérience de Matthes[1].

L'extirpation de l'estomac, pratiquée chez le chien, tarit évidemment la source de la pepsine stomacale. Or cette opération a pour effet de faire disparaître complètement la pepsine de l'urine du sujet gastrectomisé. C'est donc bien du suc gastrique que provenait la pepsine urinaire.

6. *Action catalysante des ferments sur l'eau oxygénée.* — Les ferments semblent agir par leur seule présence : ils se retrouvent (en grande partie) intacts quand la fermentation est terminée ; théoriquement, une petite quantité de ferment semble donc capable de transformer une quantité pour ainsi dire indéfinie de substance fermentescible. Liebig avait fort justement comparé leur intervention à l'action catalytique de la mousse de platine dans la décomposition de l'eau oxygénée. La ressemblance entre les deux catégories de phénomènes : *catalyse* et *fermentation*, se montre dans plusieurs particularités importantes. Tous deux sont influencés par la présence de substances favorisantes ou paralysantes. Pour n'en citer qu'un exemple, l'acide cyanhydrique agit comme *poison* aussi bien dans la catalyse de l'eau oxygénée par la mousse de platine que dans les fermentations réalisées par les oxydases. C'est ce qui a fait dire à Ostwald, de Leipzig, que la fermentation n'est qu'un cas particulier de la catalyse.

C'est, d'ailleurs, une donnée classique, appuyée sur l'autorité de Schönbein (1863), que tous les ferments jouissent de la propriété de décomposer l'eau oxygénée, à la façon de la mousse de platine. Les expériences de John Jacobson et celles, plus récentes, de Kobert et Fischer[2] ont montré que l'action catalytique de certaines préparations de ferment vis-à-vis de l'eau oxygénée n'appartient pas en propre au ferment, et peut, dans certains cas, être supprimée sans porter atteinte à l'activité fermentative. C'est donc un caractère accessoire, qui, probablement, appartient à des impuretés mélangées aux ferments : Kobert leur donne le nom de *catalases* ; il n'a pu les obtenir qu'en s'adressant

[1] *Arch. f. exp. Path.*, t. XLIX, p. 107.
[2] *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. XCIX, p. 12?, 1903.

aux extraits de tissus vivants. Les tissus desséchés n'en contiennent plus.

§ 3. — **Fonction glycogénique du foie.**

1. *Système nerveux et glycogénie.* — Nous savons, depuis Claude Bernard, que le glycogène ou amidon animal existe en grande quantité (ordinairement 2-4 °/₀, parfois jusqu'à 12-16 °/₀) dans le foie de tous les Vertébrés, tant qu'ils sont bien nourris. Il est déposé dans les cellules hépatiques sous forme de masses solides ou de granules. Sa signification physiologique est la même que celle de la graisse : le glycogène constitue une réserve nutritive, un vrai dépôt de combustible, dans lequel l'organisme puise au fur et à mesure de ses besoins.

Pour être utilisé dans le reste de l'organisme, le glycogène hépatique, qui représente la forme de dépôt des hydrocarbonés, doit être transformé dans la forme de transport, c'est-à-dire en glycose ou sucre. Claude Bernard a montré que la transformation du glycogène hépatique en sucre s'opère d'une façon continue dans les cellules du foie. Ce glycose est déversé dans le sang, par un véritable acte de sécrétion interne, puis est entraîné par les veines sus-hépatiques, pour être distribué aux différents organes du corps, surtout aux muscles, soit pour y être brûlé, soit pour y reconstituer des dépôts secondaires de glycogène.

La célèbre expérience de la piqûre diabétique, exécutée par Claude Bernard, démontre l'influence que le système nerveux est capable d'exercer sur la fonction glycogénique du foie. Si l'on excite mécaniquement, chez le chien ou le lapin, une portion déterminée de la moelle allongée, en enfonçant au plancher du quatrième ventricule une pointe en acier (opération de la piqûre diabétique), on constatera une exagération considérable de la transformation du glycogène du foie en sucre, d'où augmentation de la teneur en sucre du sang (hyperglycémie) et apparition de sucre dans les urines (diabète ou glycosurie). On peut, d'ailleurs, produire l'hyperglycogénie hépatique, l'hyperglycémie et la glycosurie par plusieurs autres procédés. L'endroit de la moelle allongée qu'il s'agit d'atteindre, pour réussir l'expérience de la piqûre diabétique, fait partie du centre vaso-moteur, ou, tout au moins, est situé dans son voisinage immédiat. Il n'est donc nullement étonnant que l'on ait cherché à rattacher l'action de la piqûre diabétique à une excitation mécanique du centre vaso-dilatateur du foie. La dilatation des vaisseaux du foie entraîne une accélération du débit des veines sus-hépatiques, qui était censée expliquer l'exagération de la formation du sucre et l'hyperglycémie et la glycosurie qui en sont la conséquence. Cette interprétation a dû être abandonnée. On a appris à connaître plusieurs exemples d'hyperglycémie et de glycosurie, c'est-à-dire en somme d'exagération de la fonction glycogénique du foie, coïncidant, non avec la dilatation, mais avec la constriction des vaisseaux du foie. C'est le cas, par exemple, pour la glycosurie provoquée par l'excitation du bout périphérique des splanchniques. L'innervation des vaisseaux du foie et celle de la fonction glycogénique sont deux phénomènes physiologiques jusqu'à un certain point indépendants l'un de l'autre.

Il vaut mieux admettre que la piqûre diabétique excite dans la moelle allongée un centre nerveux qui agit directement sur la fonction glycogénique, c'est-à-dire sur la sécrétion interne du sucre dans le foie. Ce centre nerveux de sécrétion serait l'analogue des centres des autres sécrétions (salivaire, sudoripare, etc.). La voie nerveuse par laquelle ce centre influence la production du sucre hépatique est connue depuis longtemps. Cette voie descend de la moelle allongée par la moelle cervicale, traverse les rameaux de communication des premières paires dorsales, et se rend ensuite au foie par la voie des splanchniques. Aussi la section des splanchniques, celle des rameaux de communication en question ou celle de la moelle dorsale ont pour effet de diminuer la formation du sucre dans le foie et de produire l'hypoglycémie. Chez les animaux qui ont subi l'une de ces sections, la piqûre diabétique n'est plus suivie de son effet habituel, puisque la voie nerveuse par laquelle cette piqûre doit agir sur le foie a été interrompue. Au contraire, l'excitation du bout périphérique des splanchniques, celle de la moelle épinière ou du plancher du 4ᵉ ventricule (par piqûre ou autrement) exagèrent le déversement du sucre hépatique dans le sang des veines sus-hépatiques et augmentent la teneur en sucre du sang, d'où glycosurie. On sait, en effet, que le sucre passe dans les urines (diabète ou glycosurie) dès que la proportion du sucre dans le sang dépasse 3 °/₀₀ (par exemple à la suite d'une injection intraveineuse de sucre).

L'hyperglycémie et la glycosurie ne se montrent, bien entendu, dans ces expériences, que pour autant que le foie contient du glycogène susceptible d'être transformé en sucre. On ne les observe pas si l'on opère sur des animaux soumis à un long jeûne, ou à un exercice musculaire violent, ou quand on a supprimé la fonction hépatique (extirpation du foie chez la grenouille, oblitération de la veine porte par un obturateur, empoisonnement par l'arsenic, etc.). De plus, l'hyperglycémie et la glycosurie épuisent peu à peu la provision de glycogène hépatique, ce qui met une fin à son gaspillage.

Pflüger[1], qui s'est beaucoup occupé dans ces der-

[1] *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. XCVI, p. 1-398.

nières années de la question du glycogène hépatique, a cherché à préciser le rôle du centre nerveux glycoformateur de la moelle allongée. L'action excitante tonique, c'est-à-dire continue, que ce centre exerce sur la glycogenèse hépatique semble établie par les expériences de section de la moelle cervicale, par celle des rameaux de communication ou des splanchniques, opérations qui, toutes, entraînent une diminution de la glycogenèse et l'hypoglycémie. Nous avons vu que le centre peut être excité mécaniquement, dans l'expérience de Claude Bernard. L'hyperglycémie et la glycosurie qui se montrent dans l'asphyxie et la dyspnée, et dans un certain nombre d'empoisonnements (oxyde de carbone, sulfure de carbone, extraits de thyroïde, de capsules surrénales, etc.), s'expliquent rationnellement dans cette théorie Le sang asphyxique, le sang très veineux constitue, comme on le sait, un excitant puissant pour la plupart des centres de la moelle allongée. Il exagère l'activité des centres respiratoires, vaso-moteurs, cardio-inhibiteur, salivaire, sudoripare, etc. : rien d'étonnant à ce qu'il stimule également le centre glycoformateur de la moelle allongée. D'ailleurs, comme pour la piqûre diabétique, l'asphyxie ne provoque l'hyperglycémie que chez les animaux à moelle cervico-dorsale et à grands splanchniques intacts et à condition que le foie contienne du glycogène[1].

L'empoisonnement par l'oxyde de carbone n'est qu'une forme de l'asphyxie : l'hyperglycémie et le diabète oxycarbonique s'expliquent donc par l'excitation asphyxique du centre glycoformateur. D'autres poisons connus comme provoquant le diabète (sulfure de carbone, etc.) portent peut-être leur action excitante directement sur la moelle allongée.

Pflüger admet que le centre glycoformateur peut également être excité par voie réflexe. C'est l'explication la plus plausible que l'on puisse donner de la glycémie et de la glycosurie qui se montrent après excitation du bout central du pneumogastrique coupé, du sciatique coupé et d'autres nerfs. De même, l'inhalation de vapeurs irritantes par les voies respiratoires peut déterminer la glycosurie par voie réflexe, le point de départ du réflexe consistant dans l'excitation de terminaisons nerveuses bronchiques sensibles du pneumogastrique. En effet, le réflexe ne se produit plus dès que les pneumogastriques sont coupés.

Dans l'organisme vivant, la production de sucre dans le foie est réglée à chaque instant par la consommation de sucre des différents organes. Pflüger admet que cette régulation s'opère également par voie réflexe, par les nerfs centripètes émanant des organes consommateurs de sucre : muscles, cœur, etc. C'est par la voie de leurs nerfs sensibles que ces organes réclameraient du sucre auprès du centre glyco-formateur et régleraient ainsi, par action réflexe, la production de sucre dans le foie, de manière à la mettre en rapport avec leurs besoins.

Dans cet ordre d'idées, le pancréas apparaît comme un appareil glyco-frénateur, chargé d'empêcher le gaspillage des réserves de glycogène, et de maintenir la formation du sucre dans de justes limites, grâce aux produits que le pancréas fabrique par sécrétion interne et qu'il verse dans le sang. Ces produits agissent, soit sur le centre glyco-formateur de la moelle allongée, soit directement sur les cellules hépatiques, soit des deux façons à la fois. Quand on supprime l'organe frénateur (extirpation du pancréas), la formation du sucre s'exagère dans le foie, ou, si l'on préfère, le foie n'est plus capable d'assimiler et de transformer en glycogène le glycose provenant de la digestion des féculents, ni celui qui provient de la transformation des albuminoïdes. Ce glycose est versé en abondance dans les veines sus-hépatiques et produit une forte glycosurie. Ajoutons qu'après section de la moelle au-dessus de la région dorsale, l'extirpation du pancréas ne produit plus le diabète, comme l'a montré Kaufmann.

La théorie qui vient d'être esquissée est loin d'être généralement admise. Ainsi bon nombre de physiologistes expliquent le diabète pancréatique, non par une augmentation dans la production du sucre, mais par une diminution de sa consommation. L'organisme serait devenu plus ou moins incapable d'utiliser le combustible hydrocarboné, qui s'accumulerait ainsi dans le sang. Cependant, les nombreuses expériences de Chauveau et Kaufmann semblent bien avoir établi que la combustion du sucre est encore réalisée au niveau des capillaires après la dépancréatisation totale. En effet, on observe encore alors la même différence qu'auparavant dans la teneur en sucre du sang veineux et du sang artériel. Le premier est bien plus pauvre en sucre que le second.

2. *Ilots de Langerhans et sécrétion interne du pancréas.* — Comme je le rappelais tantôt, le pancréas joue le rôle d'un organe glyco-frénateur, en versant par sécrétion interne dans le sang une ou plusieurs

[1] La morphine, le curare, le chloroforme, le chloral, le butylchloral, etc., font apparaître dans les urines, non du glycose, comme on l'a cru longtemps, mais de l'acide glycuronique $C_6H_{10}O_7$, qui jouit, comme le glycose, de propriétés réductrices.

L'ingestion de phloridzine donne lieu à un diabète vrai (von Mering, 1885). Ici, l'apparition du sucre dans les urines ne dépend ni d'une hyperglycémie, ni d'une exagération de la fonction glycogénique. Le diabète phloridzique paraît indépendant de l'état du foie : il s'agit avant tout d'une action directe exercée sur l'appareil sécrétoire rénal.

substances qui maintiennent la glycogénèse dans d'étroites limites et empêchent le gaspillage du glycogène hépatique. Laguesse a montré que la fonction de sécrétion interne du pancréas est localisée dans les amas de cellules spéciales, connues sous le nom d'îlots endocrines ou îlots de Langerhans. Ces îlots endocrines apparaissent très tôt chez l'embryon, bien avant les cellules de sécrétion proprement dites, à une période où la fonction glycogénique existe déjà, mais où il n'est pas encore question de digestion ni de sécrétion pancréatique. Ces îlots échappent seuls à la dégénérescence et persistent intacts, dans les greffes pancréatiques sous-cutanées, ou dans le tissu pancréatique dégénéré après ligature du canal de Wirsung. Ces opérations suppriment, comme l'on sait, la fonction de sécrétion externe (formation du suc pancréatique), mais n'entravent pas la sécrétion interne, glycofrénatrice du pancréas. Ces ilots sont également altérés dans certaines formes pathologiques de diabète observées chez l'homme (diabète maigre), formes que l'on peut rapporter à une suppression de l'action glycofrénatrice du pancréas. On constate ainsi que la conservation de cette action frénatrice du pancréas est intimement liée à l'intégrité des îlots de Langerhans et qu'elle disparaît lorsque les îlots sont altérés.

IV. — Reproduction.

1. *Détermination du sexe chez les Abeilles.* — Il n'est guère de question de Physiologie plus intéressante et plus mystérieuse que celle de la détermination du sexe du jeune être qui va être mis au monde. Le sexe est-il fixé dès l'origine dans le tout jeune ovule? Sont-ce, au contraire, des influences secondaires qui pousseront ultérieurement ce germe à développer tantôt un embryon mâle, tantôt un embryon femelle? A quelle époque ces influences doivent-elles agir pour produire leurs effets? L'homme peut-il, dans certains cas, intervenir activement et modifier artificiellement le travail de la nature, de manière à l'incliner du côté mâle ou du côté femelle? Ce sont là toutes questions auxquelles nous ne pouvons donner, pour le moment, de réponse satisfaisante, au moins en ce qui concerne l'espèce humaine ou les animaux supérieurs. Qu'adviendrait-il si l'homme avait le pouvoir de procréer à volonté des enfants mâles ou femelles ? De quelle importance la divulgation d'un tel secret ne serait-elle pas pour le développement de l'espèce humaine et les relations sociales futures ?

Or, ce secret, dont la solution nous apparaît si lointaine et si grosse de conséquences, ce secret, certains animaux inférieurs le posséderaient, s'il faut ajouter foi aux données de l'apiculture classique. Les éleveurs d'abeilles admettent, en général, avec Dzierzon, que l'abeille-mère, la reine, peut à volonté pondre des œufs mâles, d'où sortiront des *faux-bourdons* (*mâles*), ou des œufs femelles, d'où sortiront, soit des *reines* (femelles pondeuses), soit des *ouvrières* (femelles à ovaires incomplètement développés).

En effet, les œufs pondus par la reine dans les grandes alvéoles, destinés au couvain de faux-bourdons, ne donnent naissance qu'à des mâles : Ces alvéoles ont 3,8 millimètres de côté et 15 millimètres de profondeur.

Par contre, les œufs pondus dans les petites alvéoles, qui n'ont que 3 millimètres de côté et 12 millimètres de profondeur (couvain d'ouvrières), donnent naissance à des ouvrières, c'est-à-dire des individus femelles dont les organes génitaux restent incomplets. Les grandes cellules irrégulières, connues sous le nom de cellules royales, servent également de berceaux à des femelles, mais à des femelles complètes ou reines

On sait que la jeune reine, peu de jours après sa naissance, sort de la ruche pour s'élancer dans les airs, suivie de la troupe des faux-bourdons. C'est ce que l'on appelle le *vol nuptial*, pendant lequel elle s'unit à un faux-bourdon qui la féconde. La femelle fécondée rentre dans la ruche, et n'en sortira plus de la vie, sauf dans le cas de la formation d'un nouvel essaim.

Tant qu'elle vivra, elle pourra désormais pondre des œufs fertiles, sans qu'elle ait besoin de convoler à de nouvelles noces. Les organes génitaux contiennent, en effet, dans une petite poche spéciale, une provision de liquide séminal provenant du mâle, provision suffisante pour subvenir à la fécondation des centaines de milliers d'œufs que l'abeille pourra pondre pendant toute son existence.

Voici en quoi consiste essentiellement la théorie de Dzierzon :

1° Tout œuf qui reçoit le contact du liquide séminal devient un œuf de femelle ou d'ouvrière; tout œuf non fécondé, c'est-à-dire qui n'a pas subi ce contact, ne peut donner naissance qu'à un mâle;

2° L'abeille-mère pond à volonté un œuf de mâle ou un œuf de femelle, de manière à l'approprier aux dimensions des alvéoles qui sont mises à sa disposition. Elle arrive à ce résultat en permettant ou en empêchant, au moment de la ponte, le contact du sperme avec l'œuf. La pondeuse comprime à volonté le réservoir séminal, de manière à déverser sur l'œuf qui descend dans l'oviducte une certaine quantité de matière fécondante, ou bien laisse passer cet œuf sans le gratifier de cette aspersion.

Ainsi, dans la théorie de Dzierzon, tout œuf serait originairement mâle; fécondé, il changerait de sexe et deviendrait femelle.

On me permettra de rappeler ici les principaux

arguments sur lesquels se base la théorie de l'apiculteur silésien.

D'abord, il semble établi que des œufs non fécondés d'abeille peuvent, dans certains cas, se développer et donner naissance à des individus normaux et complets (parthénogénèse). C'est le cas pour les œufs que pondent parfois les ouvrières, fait déjà signalé par Aristote; c'est également le cas pour les œufs pondus par des reines qui n'ont pu être fécondées pour un motif ou pour un autre, ou chez lesquelles la provision de liquide spermatique est épuisée (vieilles reines, à la fin de leur carrière de pondeuse). Les œufs, dont le développement se fait ainsi par parthénogénèse, ne donnent jamais naissance qu'à des mâles.

La théorie de Dzierzon suppose la réciproque, c'est-à-dire que tous les mâles, tous les faux-bourdons de la ruche proviennent pareillement d'œufs non fécondés, développés parthénogénétiquement. Elle tire son principal argument des résultats du croisement des abeilles noires ordinaires (allemandes ou françaises) avec les abeilles jaunes de race italienne. Si, dans une ruche de race noire privée de sa reine, on introduit une reine italienne de race jaune, dit Dzierzon, ses descendants femelles, provenant d'œufs fécondés, seront des métis, présentant des caractères intermédiaires entre l'abeille noire et l'abeille jaune, tandis que ses descendants mâles seront de pure race italienne. Cela prouve, dit Dzierzon, que ces faux-bourdons, de pure race italienne, ne sont pas des métis de mère italienne et de père allemand : ils n'ont subi que l'influence maternelle, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas eu de père, qu'ils se sont développés par parthénogénèse. De même, dans une ruche italienne, orpheline, à laquelle on donne une reine noire, tous les mâles naissent de race noire pure, tandis que les femelles sont des métisses.

Enfin von Siebold et, plus récemment, Petrunkewitsch (1901) ont affirmé que les œufs femelles d'abeille contiennent toujours un spermatozoïde, tandis que les œufs pris dans les alvéoles de faux-bourdons n'en contiennent pas.

Tous ces faits, en supposant qu'ils soient établis, s'expliqueraient fort bien dans l'hypothèse de Dzierzon et devraient nous conduire à l'accepter, malgré son peu de vraisemblance. Malheureusement pour cette hypothèse, ces faits ont, dès le début, suscité des doutes (O. Rothe, 1856) et leur vertu probante est actuellement contestée par plusieurs observateurs consciencieux. Il n'est nullement établi, nous dit Dickel, que les œufs de faux-bourdons ne contiennent pas de spermatozoïdes; et les observations de Perez (1889), John Lowe (1863 67), Mulot, Dickel et d'autres ont montré que les résultats du croisement d'abeilles italiennes et indigènes sont excessivement variables. Ainsi, il peut arriver qu'une reine italienne, fécondée par un mâle indigène, donne naissance à des ouvrières paraissant de race pure italienne, alors que les faux-bourdons sont manifestement métissés. D'autres fois, la descendance provenant du croisement présente des différences individuelles considérables, certains individus, tant mâles que femelles, ressemblant principalement à l'un des procréateurs, d'autres, au contraire, présentant des caractères intermédiaires. Les résultats du croisement entre abeilles indigènes et italiennes cadrent fort mal avec l'hypothèse de Dzierzon.

Ferd. Dickel [1], de Darmstadt, nous propose une autre explication.

Il reconnaît que les œufs parthénogénétiques, pondus par des ouvrières ou par des femelles non fécondées, donnent exclusivement naissance à des mâles. Mais ce sont là des cas exceptionnels. Il admet que les œufs pondus dans des conditions ordinaires, par des femelles normales, sont tous fécondés. Le sexe n'est pas encore déterminé au moment de la ponte. Le caractère mâle ou femelle sera ultérieurement imprimé à ces œufs encore neutres par des influences extérieures, provenant des soins que leur donneront les ouvrières. De même que les ouvrières peuvent, au moyen d'une nourriture appropriée, combinée avec l'agrandissement artificiel de l'alvéole, transformer un œuf ou une larve d'ouvrière et en faire sortir une femelle pondeuse, de même elles peuvent à volonté obtenir du même œuf, soit une ouvrière, soit un faux-bourdon. Les ouvrières sécrètent, à cet effet, différents liquides salivaires (trois), dont elles enduisent les œufs ainsi que les alvéoles, et dont le contact exerce son action directrice sur le développement de l'œuf, pour lui faire produire soit un mâle, soit une femelle pondeuse, soit une femelle ouvrière. Dans les conditions normales, les ouvrières sécrètent le liquide qui convient au développement des ouvrières. Mais, à certains moments, elles sont amenées, sous diverses influences, à sécréter soit le liquide qui favorise la formation de faux-bourdons ou mâles, soit celui qui détermine la formation de femelles pondeuses. Le sexe n'est donc pas déterminé au moment de la ponte, et la femelle pondeuse n'intervient en rien dans la détermination de ce sexe. L'œuf, une fois pondu, subit dans l'alvéole le contact de substances fabriquées par les ouvrières et qui lui imprimera le caractère mâle ou le caractère de femelle incomplète ou pondeuse.

Selon Dickel, l'expérimentateur peut à volonté imiter l'action de l'abeille ouvrière, et faire sortir d'un œuf un individu mâle ou une femelle com-

[1] *Arch. f. d. ges. Physiologie*, t. XCV, p. 66, 1903.

plète ou incomplète. Il suffit, pour cela, de récolter au moyen d'un pinceau, sur des œufs dont le développement est commencé, les substances déterminantes qu'y ont déposées les ouvrières et de les transporter dans l'alvéole en expérience, de manière à en badigeonner l'œuf dont on veut modifier le développement ainsi que le fond de l'alvéole qui le contient.

De même, on peut obtenir que de jeunes larves, prises dans des alvéoles d'ouvrières et qui auraient donné des individus femelles, se transforment en individus mâles, c'est-à-dire en faux-bourdons. Il suffit de transporter ces jeunes larves dans des alvéoles de faux-bourdons dont on vient de retirer les larves occupantes. Un certain nombre de ces larves importées pourront donner des mâles complets ou faux-bourdons. L'expérience a été répétée à différentes reprises par Mulot et par Dickel. Comme on le voit, il y a là tout un ordre de faits qui contredisent formellement la théorie de Dzierzon.

Dickel fait observer que, chez la plupart des animaux, l'œuf ovarien est aussi probablement, à l'origine, neutre, dépourvu de sexe et que ce n'est que plus tard, sous l'influence d'actions de milieu, qu'il évolue vers le sexe mâle ou le sexe femelle. Tandis que, chez la plupart des animaux, et notamment chez les animaux supérieurs, ces deux stades du développement, le *stade neutre* et le *stade sexué*, se succèdent pendant le séjour de l'œuf dans le même organisme maternel, chez l'abeille il s'est établi sous ce rapport une *division du travail* entre la mère pondeuse, qui fournit l'œuf *neutre*, et l'abeille ouvrière, qui intervient pour imprimer à l'embryon sa *sexualité*.

2. *Origine du liquide amniotique.* — Le fœtus des Mammifères n'est pas directement en contact avec la paroi de l'utérus maternel. Comme on le sait, il est contenu dans une poche, l'amnios, remplie d'un liquide séreux. Le fœtus flotte dans le liquide amniotique. D'où provient ce liquide? Est-ce un produit de transsudation des vaisseaux sanguins maternels ou fœtaux? Est-ce, au contraire, un produit de sécrétion, provenant de la peau, ou mieux des reins du fœtus. Les deux opinions ont été tour à tour soutenues par les physiologistes et les gynécologistes. Un certain nombre d'auteurs ont même adopté une opinion mixte, attribuant au liquide en question une double origine, à la fois de transsudation et de sécrétion.

Jacqué[1] a récemment repris cette étude : il l'a rajeunie en lui appliquant une méthode nouvelle, la *cryoscopie*, c'est-à-dire la fixation de la concentration moléculaire par le point de congélation. La concentration du liquide dans lequel baigne le fœtus est toujours inférieure à celle du sang, tant maternel que fœtal, ce qui ne cadre pas avec l'idée d'une origine transsudatoire.

Chez la brebis, il y a à considérer, dans ces expériences, deux liquides contenus dans des poches contiguës : le liquide allantoïdien et le liquide amniotique. L'hypotonicité de ces liquides et leurs variations de concentration moléculaire aux différents stades de la vie intra utérine s'expliquent, au contraire, tout naturellement, si l'on songe que l'urine fœtale qui vient se mêler à eux présente une concentration moléculaire très faible.

Chez le fœtus de brebis, la vessie communique avec l'allantoïde, pendant la première partie de la gestation. Durant cette période, le liquide allantoïdien est fort peu concentré, et, de plus, il montre des fluctuations considérables de concentration, d'un moment à l'autre, ce qui cadre parfaitement avec son origine urinaire. L'urine fœtale parait, en effet, être versée par intermittence dans la cavité allantoïdienne : il y aurait une véritable miction, analogue à celle de l'adulte, car on trouve la vessie du fœtus tantôt vide, tantôt plus ou moins remplie d'urine. Pendant cette période, le liquide amniotique présente toujours une concentration moléculaire supérieure à celle du liquide allantoïdien, et se rapprochant, par conséquent, de celle du sang. Il ne subit, en effet, qu'indirectement, c'est-à-dire par l'intermédiaire du liquide allantoïdien, l'influence diluante de l'urine du fœtus.

Pendant une seconde période de la vie fœtale, la vessie communique à la fois avec l'allantoïde, par l'ouraque, et avec l'amnios, par l'urètre. L'urine se déverse des deux côtés et dilue également les deux liquides, allantoïdien et amniotique, qui ont alors même concentration moléculaire.

Enfin, pendant une troisième et dernière période, l'ouraque s'oblitère, l'urètre seul reste perméable. Ici, les conditions sont inverses de ce qu'elles étaient dans la période du début. Cette fois, c'est le liquide amniotique qui offre la concentration moléculaire la plus faible, se rapprochant le plus de celle de l'urine fœtale, et présentant de grandes variations dans sa composition. Pendant cette période, le liquide allantoïdien est plus concentré que le liquide amniotique, car il ne subit l'influence diluante de l'urine fœtale qu'indirectement, par l'intermédiaire du liquide amniotique qui lui cède de l'eau. L'étude de la composition chimique de ces liquides a conduit aux mêmes conclusions.

Ces faits constituent une preuve décisive de l'exactitude de l'origine principalement urinaire de ces liquides.

Léon Fredericq,
Professeur de Physiologie à l'Université de Liége.

[1] *Mém. Acad. royale de Belg.*, 1902.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Parenty (H.). — **Les Tourbillons de Descartes et la Science moderne.** — 1 *vol. in-8° de* VIII-220 *pages.* (*Prix* : 6 *fr.*). *Honoré Champion, éditeur. Paris*, 1903.

M. Parenty, ingénieur d'un grade élevé dans le corps des Manufactures de l'Etat, est, de plus, un savant et un inventeur, non seulement dans son domaine strictement professionnel, mais encore dans le domaine de la pure spéculation et de la Philosophie.

Il réunit aujourd'hui dans un livre le résumé de communications ou de conférences faites à des Académies et à des Sociétés savantes.

Les Tourbillons de Descartes, après leur grand succès au XVIIe siècle, ont perdu pied devant la gravitation newtonienne. Ils ne sont plus, pour bien des gens, qu'une pièce curieuse dans un musée rétrospectif.

M. Parenty s'attache à montrer qu'un pareil dédain est tout à fait injuste.

Après avoir résumé les idées cartésiennes, l'auteur fait ressortir leur étroite parenté avec des hypothèses ou des observations tout à fait modernes :

Les tourbillons de Cauchy, Helmholtz, lord Kelvin;

Les écoulements tourbillonnaires des solides, des liquides, des gaz et les ruptures des gaz (Comm[t] Hartmann, M. Parenty, etc.);

Les ondes hertziennes;

La cosmogonie électromagnétique de Zenger;

Les protubérances et tourbillons solaires.....

M. Parenty retrouve la forme tourbillonnaire dans la structure des végétaux, dans la configuration des continents et jusque dans la marche de l'histoire. Dans l'évolution de l'humanité, l'itinéraire du progrès n'est pas rectiligne, mais héliçoïdal et tourbillonnaire, avec reculs apparents ou momentanés. On sait que c'est la métaphore favorite de certains optimistes, déconcertés par divers événements historiques.

Que penser de cette restauration cartésienne entreprise par M. Parenty?

On sait (voir, par exemple, dans la *Revue* de 1903, les articles de M. Duhem sur l'évolution de la Mécanique) dans quel désarroi se trouve aujourd'hui la Cosmogonie dynamique. Il n'y a plus, peut-on dire, de théorie régnante.

D'autre part, il semble que notre esprit ne puisse imaginer, pour expliquer l'Univers, qu'un nombre fini de théories, déjà toutes émises au cours des siècles. Si donc une théorie a *cessé de plaire*, il n'y a qu'une ressource : aller en choisir une autre au musée rétrospectif.

La tentative de M. Parenty est naturelle et légitime. Ce serait tout autant une tentative analogue en faveur de mainte autre théorie ancienne.

Léon Autonne,
Maître de Conférences de Mathématiques
à l'Université de Lyon.

Delsol (E.). — **Principes de Géométrie.** — 1 *vol. in-12 de* 96 *pages* (*Prix* : 2 *fr.* 50). *C. Naud, éditeur. Paris*, 1903.

Ce volume est inspiré par des considérations tellement éloignées de mes propres idées que je serais forcément partial si j'essayais de l'apprécier ici. D'autre part, j'en serais empêché par une raison que je puis avouer sans aucune honte : c'est mon incapacité à pénétrer certaines formes de langage philosophique, qui ont, à mon avis, pour résultat de rendre obscures les choses claires.

Mais je peux du moins faire comprendre sous forme sommaire ce que contient le livre de M. Delsol, et les personnes qui s'intéressent à ces spéculations et sont préparées à les entendre trouveront peut-être à la lecture de cette œuvre une satisfaction d'esprit que je ne saurais éprouver. Ce qu'il faut affirmer, par exemple, c'est la nécessité de ne jamais orienter l'enseignement dans une voie pareille, qui rebuterait les élèves, plus encore que les méthodes classiques en vigueur, et ce n'est pas peu dire.

Dans une Introduction, l'auteur affirme que la Géométrie est une science absolument *a priori*, sans hypothèses, sans postulats, sans axiomes.

Le chapitre premier est consacré à l'édification d'une théorie des nombres positifs ou négatifs et des opérations élémentaires, reposant sur la division en parties du monde extérieur, représenté par la lettre α; β,..... sont ce qui sépare une partie d'une autre.

Dans le chapitre II, on commence à aborder les notions géométriques. Si la série α, β,... s'arrête « à un terme qui en est le dernier, et qui est caractérisé par ce fait qu'il est indivisible », ce terme est appelé *point géométrique*. Le reste du chapitre a pour objet l'étude des propriétés géométriques des figures simples, et se termine par la définition du *sous-point*, extrémité d'une ligne non fermée, et des *sous-lignes*.

De ces notions nouvelles, l'auteur fait usage dans les trois chapitres suivants, pour étudier les parallèles, les tangentes, l'application du calcul à la Géométrie, l'homogénéité, la similitude et le postulatum d'Euclide.

Une conclusion de quelques pages fait ressortir que la Géométrie d'Euclide est la seule possible *a priori*.

Enfin, dans un appendice, sont examinées quelques objections tirées des Géométries non-euclidiennes. L'auteur reconnaît qu'elles peuvent fournir les matières de traductions vraies et intéressantes. C'est, dit-il en terminant, le seul service qu'on soit en droit d'attendre d'elles.

Tel est le contenu de ce petit volume. Je répète que, séparé de l'auteur sur les idées fondamentales, et incapable de le suivre dans quelques-uns de ses développements, comme je le serais de comprendre une langue étrangère que je n'aurais pas étudiée, je ne saurais en dire ni bien ni mal. Mais il est fort possible que, parmi les jeunes philosophes modernes mieux préparés que je ne le suis, beaucoup trouvent à cette lecture un réel intérêt.

C. A. Laisant,
Examinateur d'admission à l'École Polytechnique.

Codron (C.), *Professeur du cours des Arts mécaniques à l'Institut industriel du Nord, lauréat de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.* — **Expériences sur le travail des Machines-outils pour les métaux.** — 1[er] *fascicule* (*Extrait du Bulletin de la Société d'Encouragement*). — 1 *vol. in-4° de* 262 *pages avec* 585 *figures.* (*Prix* : 12 *fr.* 50.) *V[ve] Ch. Dunod, éditeur. Paris*, 1903.

L'étude expérimentale des machines-outils est des plus difficiles; elle exige, outre le talent, la persévérance et la science de l'expérimentateur, beaucoup de temps et d'argent, la mise à la disposition du chercheur de machines que l'on ne distrait pas facilement de leur travail d'atelier; aussi ce genre d'étude n'a-t-il que peu d'adeptes.

M. Codron s'y est adonné tout entier, avec une conscience et une sagacité que l'on ne saurait trop louer; il a su, avec des ressources très modestes, exécuter, sur le travail des outils, une suite de recherches entièrement originales, du plus grand intérêt, dont nous ne connaissons l'équivalent nulle part, et qui lui ont

mérité, dès l'origine, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un prix de 2.000 francs. Le présent volume renferme la première partie de ces travaux, dont la publication se poursuit dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

Ce premier fascicule est consacré au *meulage*, au *tranchage*, au *cisaillage* et au *poinçonnage*, opérations de chaque jour, et sur lesquelles l'ouvrage de M. Codron fournit une abondance de données numériques rigoureuses, des résultats et des chiffres certains, dont personne ne se doutait, et d'un prix inestimable pour les mécaniciens. Ceci n'est point un éloge, mais l'expression, atténuée plutôt, du mérite de cette œuvre; et il semble impossible d'y rien ajouter utilement ici, car ce livre, bourré, à chaque page, de diagrammes et de chiffres, ne saurait ni se résumer ni s'analyser.

C'est une source inépuisable à la disposition des mécaniciens de tous les pays, car l'œuvre de M. Codron ne tardera pas à être traduite en Amérique et en Allemagne; nous ne saurions la signaler avec trop d'insistance aux lecteurs éclairés de la *Revue générale des Sciences*.

G. RICHARD,
Agent général de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

2° Sciences physiques

Angot (Alfred), *Météorologiste titulaire au Bureau central météorologique.* — **Instructions météorologiques** (*4e édition*). — 1 *vol. in-8° de* 163 *pages* (*Prix* : 4 *fr.* 60). *Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1903.

Les *Instructions météorologiques* de M. Angot sont le *vade-mecum* indispensable de tous les observateurs. On y trouve tous les détails utiles sur l'installation et le maniement des instruments à lecture directe ou enregistreurs, ainsi que les tables nécessaires pour la réduction des observations.

L'édition actuelle, — la quatrième, ce qui montre à quel point l'ouvrage a été apprécié du public spécial auquel il est destiné, — présente de nombreuses additions et compléments.

Dans le chapitre relatif à la pression, l'on indique les corrections de latitude et d'altitude nécessaires pour ramener le baromètre *à la gravité normale*, ainsi que l'a décidé maintenant la Conférence internationale. A la thermométrie, est décrit le psychromètre à aspiration d'Assmann, souvent employé en Allemagne. Un court chapitre est consacré à l'actinométrie. A propos de la pluviométrie, l'auteur a donné quelques indications sur la mesure de la neige, notamment sur celle de l'épaisseur de la couche de neige; quelque incertitude que présente cette mesure, il y a intérêt à ne pas la négliger, et aussi à distinguer, dans la précipitation totale, la neige de la pluie; la Commission française des Glaciers a appelé récemment l'attention sur l'importance de ces mesures d'enneigement, sur lesquelles, jusqu'ici, les ouvrages de Météorologie étaient trop sommaires.

Un second chapitre entièrement nouveau, et également très bref, est consacré à la mesure de l'évaporation. M. Angot ne conseille pas de faire cette mesure dans les stations ordinaires; il est intéressant, pour ceux-là même qui ne le font pas, de savoir ce qu'elle est et pourquoi elle est forcément, en général, sans grande signification.

Le chapitre de la nébulosité et des nuages comprend, comme dans les éditions précédentes, la classification internationale, avec de belles photographies à l'appui : cette fois, l'auteur a indiqué avec détails les précautions spéciales à prendre pour photographier des nuages, et c'est là une des additions qui seront le plus appréciées.

Le chapitre du vent s'est enrichi de compléments sur le calcul de la direction moyenne du vent dans une station donnée, et sur les anémomètres. Enfin, un dernier chapitre, entièrement nouveau, consacré aux observations météorologiques dans les voyages d'exploration, contient les indications les plus précieuses sur les mesures qu'il y a intérêt à faire et sur les instruments à emporter, notamment sur la mesure des altitudes par le baromètre dans les pays où n'existe pas de station de comparaison.

BERNARD BRUNHES,
Directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme.

Hollemann (A.-F.), *Professeur à l'Université de Groningue.* — **A Text Book of Organic Chemistry.** (*Traduction anglaise de* J. WALKER et E. O. MOTT). — 1 *vol. in-8° de* XVII-555 *pages avec* 73 *fig.* (*Prix relié* : 12 *fr.* 50). *J. Wiley and Sons, éditeurs, New-York*, 1903.

Un ouvrage simple, susceptible de faire concevoir, sous son véritable aspect, la Chimie organique aux débutants, est une rareté. Un double écueil s'offre, en effet, à l'auteur. Ou bien il présentera l'étude des fonctions comme une mécanique, admirablement bien réglée, où les différents groupements se remplaceront les uns les autres comme par enchantement; ou bien, s'il est homme de laboratoire, il fera entrevoir la difficulté, c'est-à-dire il montrera la distance qui sépare la théorie de la pratique, le papier de l'expérience. Les deux méthodes sont également mauvaises, parce que, si la première fausse les idées, la seconde rend l'étude extrêmement pénible et peut même rebuter le commençant. Entre ces deux procédés, un juste milieu est à tenir : la Chimie organique n'est pas de l'Algèbre, comme les ignorants de cette belle science aiment à le dire souvent; ce n'est pas non plus l'art d'aboutir à des goudrons et des résines, comme l'insinuent malicieusement les mêmes ignorants.

Sous ces rapports, l'ouvrage de A. F. Hollemann est un bon livre, très clair et très concis. La définition de la fonction une fois posée, l'étude des différents termes qui la composent se poursuit régulièrement. L'auteur a tenu compte des plus récentes découvertes faites dans ces derniers temps, aussi bien en ce qui a trait à des réactions nouvelles qu'à des formules de constitution devenues caduques par suite de la découverte de faits nouveaux. Le plan général n'offre aucune particularité à signaler. Nous noterons toutefois, d'une façon spéciale, la place que tient la Physico-Chimie dans cet ouvrage; l'auteur insiste peut-être, à notre point de vue, un peu trop sur l'utilité de cette branche de la Chimie; mais il n'en est pas moins vrai qu'elle est susceptible de rendre de grands services. La Stéréochimie est aussi très clairement exposée; il est regrettable, seulement, que le nom de Le Bel soit le seul dont il ait été fait omission.

En résumé, le *Text Book of Organic Chemistry* de A. F. Hollemann est un excellent livre, dont la lecture est à conseiller à tous les jeunes gens qui désirent aborder l'étude de la Chimie organique; nous sommes convaincus que, s'il a été bien assimilé, on pourra, par la suite, bâtir sur un fonds solide. Nous ne pensons pas, toutefois, que la traduction française s'impose, car nous avons, en France, un ouvrage qui n'a rien à lui envier : nous voulons parler de l'excellent traité de M. A. Béhal.

G. BLANC,
Docteur ès sciences.

Sabatier (Paul), *Correspondant de l'Institut, Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Toulouse* : **Leçons élémentaires de Chimie agricole.** — 1 *vol. in-8° de* 346 *pages* (*Prix* : 5 *fr.*). *Masson, éditeur à Paris, et Coulet, éditeur à Montpellier*, 1903.

M. Sabatier a exposé, dans ce volume, les principes fondamentaux qui doivent diriger la production des récoltes et l'amélioration du sol. Parmi les faits importants qui ont été récemment élucidés d'une manière complète et qu'il a développés comme ils le méritaient, il faut citer l'intervention de l'azote de l'atmosphère dans la nutrition des végétaux par l'intermédiaire des microorganismes qui existent dans le sol ou dans les racines de certaines plantes,

En traitant des engrais, M. Sabatier a étudié tout particulièrement le fumier de ferme et a montré comment on peut lui faire donner des résultats très efficaces en l'additionnant de nitrates et surtout de phosphates.

Le volume de M. Sabatier est écrit d'une façon très claire et il donne un bon résumé de nos connaissances en Chimie agricole.

X. Rocques,
Ex-chimiste principal du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

3° Sciences naturelles

Lecomte-Denis (Maurice), *Ingénieur civil des Mines.* — **La prospection des Mines et leur mise en valeur** (*Préface de M.* Haton de la Goupillière, *de l'Institut*). — *1 vol. in-8° de* XII-550 *pages. Schleicher frères et Cie, éditeur. Paris*, 1903.

L'ouvrage de M. Lecomte-Denis a un grand mérite et une supériorité notable sur quelques ouvrages similaires : c'est de répondre à son titre et d'être réellement pratique. On y reconnaît visiblement le fruit d'une longue expérience personnelle, et, par suite, il rendra des services incontestables aux prospecteurs, chercheurs de mines, ingénieurs chargés d'une expertise, etc. L'auteur a su éviter le péril des théories scientifiques : il n'a pas refait une géologie, ni un traité de gîtes minéraux et métallifères ; il a supposé un lecteur plus soucieux des faits que de leur explication, et il s'est attaché simplement à résoudre tous les problèmes pratiques qui pouvaient se poser à lui. Son livre comprend, comme parties essentielles, une série de chapitres sur la prospection, sur les travaux de recherches, sur l'évaluation des gisements, sur les achats de mines ou de minerais Dans chacun de ceux-ci, les hommes du métier eux-mêmes trouveront à puiser, et ceux dont les connaissances techniques sont incomplètes auront, dans la plupart des occasions, un guide sérieux, expérimenté et clair. Des suppléments, qui montrent bien dans quel esprit l'ouvrage a été conçu, donnent les principaux décrets et règlements miniers, avec un grand nombre de tableaux concernant la reconnaissance des minéraux, les mesures, les monnaies, l'essai des minerais usuels, etc.

Le seul reproche qu'un critique vétilleux pourrait peut-être faire à l'auteur est d'avoir usé un peu trop largement des citations *in extenso*, très consciencieusement signalées du reste. C'est ainsi que j'ai pu retrouver chez lui des chapitres entiers, et, notamment, tout un petit dictionnaire de géologie pratique que j'avais toutes les raisons du monde pour bien connaître. Il me serait difficile de dire si le lecteur doit s'en plaindre.

L. de Launay,
Ingénieur en chef des Mines.

Chevalier (Auguste), *Docteur ès sciences, Attaché au Laboratoire colonial du Muséum d'Histoire naturelle.* — **Un voyage scientifique à travers l'Afrique occidentale** (Annales de l'Inst. col. de Marseille, 1902). — *1 fascicule in-8° de* 155 *pages avec* 8 *planches hors texte et nombreuses similigr. dans le texte*, 1903.

Chargé, en 1898-1899, d'une Mission scientifique dans l'Afrique occidentale française, M. A. Chevalier eut le rare honneur de parcourir dans d'excellentes conditions tout le pays, depuis la région forestière de la Côte-d'Ivoire jusqu'à la région désertique du Sahara. Plus heureux que ses devanciers, tués par le climat meurtrier, Heudelot, Lécard, Berthelot, M. Chevalier a pu rapporter une collection de plantes des plus remarquables, et des observations du plus haut intérêt.

A peine remis de ses fatigues, et avant qu'il lui eût été possible de classer et de décrire les végétaux recueillis, ce modeste et intrépide explorateur était à nouveau chargé d'aller opérer des recherches analogues dans les régions du Haut-Congo, du Chari et du lac Tchad. Avant son départ, sur l'insistance de M. Ed. Heckel, il consentit à remettre à ce dernier, en nous priant de le seconder dans leur publication, ses notes de voyage. Ce fascicule, que nous présentons aujourd'hui aux lecteurs de la *Revue*, ne constitue pas un ouvrage scientifique sur la flore de nos possessions africaines de l'Ouest, mais une série de « simples observations de brousse, détachées des carnets d'un naturaliste, et, continue l'auteur dans son Introduction, elles n'ont d'autre intérêt que d'être l'expression de ce qu'il a vu touchant l'histoire naturelle et l'agriculture tropicale au cours d'un voyage de dix-huit mois accompli au Soudan et au Sénégal. Ce sont des notes écrites sans prétention, pendant les fatigues de chaque étape journalière, souvent même aux haltes de quelques minutes que l'on fait en marche pour reposer les porteurs, et elles gardent l'empreinte des circonstances défavorables dans lesquelles elles ont été rédigées ».

C'est en ces termes de modeste simplicité que M. Chevalier définit son Mémoire ; mais, tel qu'il est, il sera vivement apprécié par tous ceux qui suivent avec intérêt le développement et la mise en valeur de notre beau domaine colonial africain. Ils y trouveront mille remarques curieuses sur la vie des indigènes, et toujours des descriptions précises sur la flore et l'aspect géologique des régions traversées. En dehors de quelques similigravures, reproductions de photographies provenant surtout du Sénégal et de la Casamance, l'auteur a fait dessiner et reproduire huit planches hors texte représentant autant de végétaux importants :

Lanseviera guineensis Wild., *Conocarpus erectus* L., *Cordia Myxa* L., *Butyrospermum Parkii* Kotsch. (Karité), *Lonchocarpus cyanescens* Benth. (Liane à indigo), *Adenium Hongkel* DC., *Tephrosia Vogelii* Hook. f., *Paspalum longiflorum* Retz (Fomo).

Emile Perrot,
Professeur à l'École Supérieure de Pharmacie de Paris.

Diffloth, *Ingénieur agronome.* — **Agriculture générale.** — *1 vol. in-12 de* 413 *pages avec* 102 *fig.* (*Prix* : 5 *fr.*) *J.-B. Baillière, éditeur, Paris*, 1903.

Il s'agit bien, en effet, d'*Agriculture générale*, c'est-à-dire d'un volume consacré aux principes généraux de la culture et non pas d'un traité relatif à la production des plantes alimentaires, fourragères ou industrielles. L'auteur ne parle qu'accessoirement des céréales, des racines, des plantes fourragères, textiles, oléagineuses, etc., etc.

Il y aurait là une lacune, si le travail de M. Diffloth ne faisait pas partie d'une encyclopédie; mais on trouvera évidemment dans un volume spécial une étude détaillée des plantes cultivées.

Ceci dit pour avertir le lecteur, nous n'avons plus qu'à signaler l'ordre d'exposition du sujet adopté. La première partie est consacrée à l'étude des sols, à leur analyse ou à leurs rapports avec les plantes qui peuvent être cultivées. Une seconde partie, aussi développée, se rapporte au travail du sol, avant, pendant et après la période de végétation des espèces cultivées. Dans une troisième division, qui devrait — selon nous — être détachée et rester distincte de la première, l'auteur parle de la récolte des produits et de leur conservation.

Dans un appendice, M. Diffloth parle des *assolements*, questions très sobrement traitée, car elle a certainement aujourd'hui beaucoup moins d'importance qu'autrefois.

L'ouvrage de M. Diffloth est assurément un exposé très exact et très complet des connaissances que nous possédons sur tous les points visés par l'auteur.

Personne ne regrettera d'avoir lu avec soin ce volume, écrit avec clarté et plein de renseignements puisés à des sources sûres. Tous les praticiens ou les agronomes auront profit à le consulter.

D. Zolla,
Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.

4° Sciences médicales

Traité de Radiologie médicale, *publié sous la direction de* **Ch. Bouchard**, *membre de l'Institut, professeur de Pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris. Secrétaire de la rédaction*: **H. Guilleminot.** — *Un vol. grand in-8° de 1100 pages avec 356 figures et 7 planches hors texte.* (*Prix:* 30 *fr.*). *G. Steinheil, éditeur, Paris,* 1903.

Bien qu'ayant été l'un des collaborateurs de ce magnifique volume et très honoré de l'avoir été, je n'éprouve aucun embarras en prenant la plume pour en rendre compte aux lecteurs de la *Revue*. Chacun de nous a fait si peu par rapport au travail de tous qu'à part les deux ou trois chapitres qui me sont personnels, je me sens très libre pour donner mon appréciation sur tous les autres, que je ne connais, d'ailleurs, que depuis l'apparition du volume.

Ceci dit, je n'hésite pas à formuler tout net mon opinion. Nous avons là, grâce à M. Bouchard, le traité des applications des rayons X à la Médecine le plus complet, le plus élevé comme niveau scientifique, le plus clinique et le plus pratique de tous ceux qui ont paru jusqu'à aujourd'hui. C'est bien là l'état actuel des applications au diagnostic, au pronostic et, timidement, à la thérapeutique, de ces rayons X, découverts par Rœntgen il n'y a pas dix ans encore, et qui ont introduit des notions nouvelles, sinon des chapitres entièrement neufs, dans presque toutes les branches des sciences médicales. Je dis l'état d'aujourd'hui, et non l'état de demain, de ces applications. On fait souvent, en effet, un reproche aux livres récents de ne pas parler de telle découverte, de tel travail parus récemment, quelquefois au sein de corps savants de grand renom. Or, il arrive que la grande découverte, trop tôt signalée comme faisant partie des faits certains, du patrimoine scientifique acquis, est si bien enterrée quelques mois après qu'on n'en retrouve plus trace, si ce n'est dans le livre paru au moment même de sa publication et dont le tort a été, pour sembler plus *au courant*, de la consigner comme définitive. Que de pages on voudrait pouvoir supprimer alors! On n'est pas tombé dans ce travers, heureusement, pour le Traité de Radiologie de Bouchard. Le lecteur n'y trouvera pas les dernières et si retentissantes guérisons dues à la radiothérapie; on a attendu, pour lui dire à ce sujet notre opinion, qui pourra, d'ailleurs, être favorable, une prochaine édition de ce traité. A ce moment-là, si nous en avons une, on la lui dira.

N'est-ce pas en cela que se distingue aujourd'hui ce que l'on pourrait appeler, par une analogie moins lointaine qu'on ne pense, la *presse debout* et la *presse assise*, le journal scientifique et le traité didactique. C'est au premier d'exposer le pour et le contre, les faits concordants ou contradictoires, au jour le jour. Chacun plaide, dans la publication périodique, pour faire triompher ses convictions; il suffit qu'il soit consciencieux. On y inscrit tous les essais, tous les tâtonnements, quelquefois mêmes les retours en arrière. Et la route se crée, la vérité s'établit peu à peu, de toutes ces convictions identiques rép tées, de toutes ces pistes superposées; les erreurs et les culs de sac impratiqués disparaissent : il ne reste plus que la voie droite. C'est celle-là que signale la *presse assise*, par le traité didactique. C'est elle qui juge et qui discerne, qui proclame la vérité et l'erreur, formant le corps de doctrine qui demeure, sinon toujours, au moins assez pour servir de guide à la génération née d'hier à la science.

Aussi, pour continuer la comparaison, est-ce plus difficile de faire un jugement qu'une plaidoirie, un chapitre de traité qu'un article de journal. Ne devrait s'y essayer que celui qui, par une longue pratique des publications périodiques de la *presse debout*, par la part personnelle prise au mouvement et à l'évolution des idées à exposer, a aiguisé son sens critique et s'est formé une opinion. C'est ce qu'a pensé certainement l'inspirateur de ce livre, M. Bouchard, lorsqu'il a choisi ses collaborateurs et distribué, d'accord avec M. Guilleminot, la besogne à mener à bien. Sans fausse modestie, qui ne pourrait d'ailleurs m'être reprochée que pour une fraction bien minime (nous sommes 24), je puis dire que tous ont fait leurs preuves depuis longtemps et que chacun d'eux n'a accepté pour le traiter, parmi tous les sujets de sa compétence, que celui ou ceux, en bien petit nombre, formant pour ainsi dire l'optimum de cette compétence. C'est ainsi que des physiciens purs, comme MM. Sagnac et Villard, dont les travaux tiennent une si grande place dans l'étude et la découverte de ces radiations nouvelles dont les rayons X font partie, ont traité toute l'optique des rayons cathodiques, des rayons X, des rayons secondaires, les corps radioactifs, l'action chimique des rayons de Rœntgen, etc. Des physiciens biologistes, comme MM. A. Broca et G. Weiss ont traité de l'étude physique des rayons X, du mécanisme du tube de Crookes, des mesures électriques, etc. Des physiciens radiographes, comme MM. Bergonié, Bertin-Sans, Bordier, Cluzet, Gagnière, Guilloz, Imbert, Leduc, Marie, Ribaut, ont traité : les sources diverses d'électricité, les générateurs employés pour la production des rayons X, la stéréoscopie radiographique, la détermination géométrique des corps étrangers, leur recherche pratique, la plaque et l'image radiographique, les caractères radiographiques des tissus normaux et anormaux, l'ophtalmologie radiographique, etc. Des cliniciens radiographes médecins, comme MM. Béclère, Guilleminot, Le Noir, Oudin, ont traité l'image radioscopique, la technique des opérations radiologiques, le thorax en général, les plèvres et les poumons, le médiastin, les radiodermites et la radiothérapie; des cliniciens radiographes chirurgiens, comme MM. Mignon, Maunoury, Ruault, Scheier, ont traité des maladies des os et des articulations au point de vue radiographique, le cou, le larynx, la tête, les dents, l'oreille, etc.; des cliniciens radiographes accoucheurs, comme MM. Fabre et Bouchacourt, ont traité, la radiologie obstétricale, la pelvimétrie radiographique, la radiopelvigraphie, l'endodiascopie. J'ai voulu citer cette longue énumération, cependant bien incomplète, pour montrer combien même les nuances de spéciali ation des divers auteurs ont été observées et combien on en a tenu compte dans la répartition des chapitres.

Je ferai encore remarquer un autre fait, peut-être attendu, étant donné le nom de l homme ayant pris la direction scientifique de ce Traité, mais qui n'en est pas moins tout à fait exceptionnel et d'un heureux présage à mon avis. Voilà, certes, un livre qui fait partie de la bibliothèque du médecin et du médecin praticien, car on n y traite que des moyens de faire le diagnostic et le pronostic de cas pathologiques qui peuvent se présenter chaque jour, moyens sans lesquels le médecin ne peut rendre à son malade tous les services que celui-ci est en droit d'en attendre. C'est donc un livre de Médecine, au même titre que le traité de Pathologie générale du même auteur, bien que traitant d'un autre champ scientifique et d'une envergure proportionnelle à l'étendue actuelle de ce champ. Or, si l'on trouve dans le traité de Pathologie générale de Bouchard des collaborateurs bien à leur place comme MM. d'Arsonval, Lambling, Hugounenq, etc., chimistes ou physiciens biologistes, on trouve dans ce traité de Radiologie médicale du même auteur des collaborateurs tels que MM. Villard et Sagnac, physiciens purs, qui n'y sont pas davantage déplacés. Pourrait-on dire sans pédanterie que c'est là un signe des temps! Sans aller si loin, on peut y voir la suppression définitive, par les faits, de toutes les barrières sottement dressées par l'ignorance ancienne entre la science pure, la science appliquée et la Médecine. Pour connaître vraiment et utiliser au maximum une méthode de diagnostic, de pronostic ou de traitement, il faut aller chercher, où qu'il se trouve, le phénomène ou la loi scientifique levés, généraux, dont cette méthode n'est qu'un cas

particulier. Alors seulement on *saura*, et l'on pourra percevoir nettement et les applications inédites de la méthode, et ses indications, et les limites que son emploi ne pourra franchir. C'est ce qu'a toujours nettement senti M. Bouchard et ce qu'il a mis en pratique dans tous ses livres et plus encore dans ce dernier. M. Guilleminot, l'actif secrétaire de la rédaction, a su s'inspirer de cette doctrine, et ce livre, grâce à lui, est bien tel que le voulait M. Bouchard et que nous le voulions tous : très solide sur ses bases de science pure et très pratique dans ses développements cliniques.

Grâce à l'éditeur, M. Steinheil, le contenant est à la hauteur du contenu.

J. Bergonié,
Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Boeckel (Jules), *Chirurgien de l'Hôpital de Strasbourg, Correspondant de l'Académie de Médecine.* — **De l'ablation de l'Estomac (ablation totale et subtotale).** — 1 *vol. in-8° de* 192 *pages avec* 11 *planches (Prix : 3 francs). Félix Alcan, éditeur, Paris*, 1903.

La Chirurgie viscérale prend de jour en jour une extension plus considérable. Celle de l'estomac, en particulier, donne des résultats de plus en plus satisfaisants. Ayant eu l'occasion de faire quatre fois l'ablation presque totale de l'estomac, J. Boeckel a eu l'idée de réunir les observations analogues. Il est arrivé à colliger 39 observations. Nous pouvons y ajouter un cas personnel, guéri, que l'auteur a omis dans sa statistique. Ces 40 cas montrent que l'on peut vivre sans estomac et que le cancer, même étendu, peut avec avantage être réséqué pourvu qu'il n'existe pas de propagations à distance. Onze planches permettent de suivre les divers temps de l'opération, telle que la pratique M. J. Boeckel.

Dr H. Hartmann,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

5° Sciences diverses

Fallot (Ernest). — **L'Avenir colonial de la France.** Etudes pratiques sur les principes de la colonisation et de la situation économique des colonies françaises et étrangères. — 1 *vol. in-12 de* VIII-550 *pages avec* 12 *cartes. (Prix : broché,* 5 *fr.; relié,* 6 *fr.). Ch. Delagrave, éditeur, Paris*, 1903.

Dégager et mettre en pleine lumière ces principes généraux de la science coloniale naissante sans lesquels il est impossible de parler de l'avenir colonial d'un pays, et que ne devraient jamais perdre de vue ni les fonctionnaires, ni les colons, voilà ce que s'est surtout efforcé de faire M. Ernest Fallot dans le volume dont nous venons de transcrire le titre. Pour atteindre plus sûrement son but, l'auteur ne s'est pas seulement adressé à l'expérience coloniale française, bien courte encore à l'époque contemporaine ; il s'est également attaché à dégager les principaux caractères des différentes colonisations étrangères et surtout de la colonisation anglaise ; puis, avant de conclure, il s'est appliqué à rechercher dans quelle mesure, dans ses différentes possessions d'outre-mer, la France a tenu compte des leçons de l'expérience, et à quels résultats elle est dès maintenant parvenue. De là, dans l'*Avenir colonial de la France*, trois parties distinctes : la première (ch. I-VII) exposant la théorie (en quelque sorte) des relations entre la métropole et ses colonies ; la seconde, plus générale, cherchant, dans un coup d'œil d'ensemble sur l'histoire de la colonisation contemporaine, la justification des principes précédemment posés (chap. VIII-X); dans une dernière partie enfin, la plus développée de beaucoup (ch. XI-XXI), M. Fallot a fait une véritable étude économique des différentes parties de l'empire colonial français, en indiquant très loyalement, — bien que parfois de manière un peu trop optimiste, — les points défectueux et non pas les seuls côtés brillants, la situation actuelle et non pas seulement les possibilités. Ce n'est qu'après avoir dressé cet inventaire que M. Fallot a pu, en manière de conclusion, tracer une esquisse du brillant avenir réservé à la colonisation française et montrer la répercussion de la constitution de notre empire colonial sur la métropole elle-même ; « dans tous les domaines, dit-il en terminant son dernier chapitre (p. 496), les colonies sont appelées à devenir, suivant l'heureuse expression de M. de Vogüé, *une pépinière d'hommes* ».

Il semble presque impossible, en matière coloniale, d'embrasser un plus vaste ensemble que ne l'a fait M. Fallot, et il serait injuste de ne pas louer l'auteur de l'*Avenir colonial de la France* pour le soin avec lequel il s'est attaché à traiter sommairement les différentes parties de son sujet. Doit-on, toutefois, comme l'a écrit M. René Millet dans sa courte préface, voir dans ce livre « le manuel, non seulement du colon, mais de l'administrateur »? Je ne le crois pas. Malgré ses efforts pour se documenter, M. Fallot n'est pas également bien informé sur toutes nos colonies. Sans parler de la partie purement historique de l'*Avenir colonial de la France*, qui aurait besoin d'une sérieuse révision, n'est-on pas en droit de s'étonner de la désinvolture avec laquelle M. Fallot traite l'histoire de l'exploration de certaines de nos colonies, et la géographie de presque toutes? Pas un mot, par exemple, à propos de l'Indo-Chine, des deux grandes expéditions Doudart de Lagrée-Francis Garnier et Pavie, qui présentent cependant une telle importance pour le développement territorial et économique de notre empire indo-chinois! — Est-il juste, au point de vue géographique, d'écrire (p. 289) que, « pour se faire une idée exacte des traits généraux de la géographie du Soudan, il faut avoir recours à l'hydrographie »? Et que d'imprécision, d'insuffisance de localisation dans ces phrases de la même page : « La végétation revêt (dans l'Afrique occidentale française) un aspect de vigueur qu'elle est loin de posséder dans le reste de l'Afrique. Dans certaines parties, on rencontre la forêt vierge, aussi inextricable, aussi impénétrable aux rayons du soleil qu'en Amérique ; ailleurs, ce sont des savanes ou des pâturages ornés de bouquets de bois ou d'arbres isolés, de variétés inconnues en Europe ». Qui en tirera une idée exacte de ces zones de climat du Soudan se succédant du Nord au Sud, dont on a montré depuis longtemps l'importance au point de vue de la végétation, des richesses économiques, de la répartition des populations? — Des titres de paragraphe tels que celui-ci : « Madagascar pays de riz et de cultures tropicales » (p. 347), semblent singulièrement propres à fausser les idées, par leur caractère trop général, alors surtout qu'il n'est pas établi de différences entre la valeur des terres du plateau et celles de la zone cotière? M. Fallot ne connaîtrait-il pas l'étude si prudente de M. Alfred Grandidier intitulée : *Du sol et du climat de l'île de Madagascar au point de vue de l'agriculture*? — Il serait facile de multiplier les exemples de ce genre, de manifester son étonnement de l'omission singulière des moussons à propos de l'Indo-Chine, ou de la juxtaposition, dans un même chapitre, de « nos colonies pénitentiaires et nos petites colonies d'Océanie, d'Amérique et d'Afrique » (chap. XII); bornons-nous à dire que nulle part, même pour les pays qu'il connaît le mieux, pour l'Algérie et pour la Tunisie, M. Fallot, qui fut naguère chef du Service du Commerce et de l'Immigration à Tunis, n'a songé à faire appel à la Géologie, même la plus élémentaire, pour expliquer les formes du terrain ; nulle part il n'a eu suffisamment recours aux travaux météorologiques, dont l'importance ira toujours croissant en matière géographique ; nulle part il n'a suffisamment distingué les différentes régions qu'il importe de reconnaître dans nos différentes colonies. Ce sont là les points faibles d'une œuvre intéressante, et qui, même telle qu'elle est, peut rendre de réels services.

Henri Froidevaux,
Agrégé d'Histoire et de Géographie.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Novembre 1903.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — MM. **Edm. Bordage** et **A. Garsault** adressent leurs observations de l'éclipse de Lune du 6 octobre faites à l'île de la Réunion. — M. **J. Guillaume** établit que le dernier minimum des taches du Soleil a eu lieu en septembre 1901. La réapparition des taches dans les hautes latitudes ne s'est pas produite conformément à la loi des zones de Spörer, mais elle a précédé l'époque du minimum. — M. **W. de Tannenberg** étudie le problème de Cauchy relatif à une classe particulière des surfaces dont les rayons de courbure en un point quelconque sont fonctions l'un de l'autre. — M. **E. Borel** montre comment on obtient, sans utiliser les nombres transfinis, la représentation, comme limites de fonctions continues, d'une fonction discontinue telle que l'ensemble P de ses points de discontinuité soit réductible (c'est-à-dire tel que son dérivé P' soit dénombrable). — M. **S. Lattès** communique ses recherches sur une certaine classe d'équations fonctionnelles. — M. **A. Mesnager** a étudié les articulations à lames flexibles et les a substituées aux articulations à axe dans les assemblages d'un certain nombre de ponts métalliques; les efforts réels ne s'écartent pas de plus de 25 °/₀ des efforts calculés, tandis que, dans la plupart des ouvrages actuels, ils atteignent 50 °/₀ des efforts calculés. — M. **Edm. Maillet** a trouvé, pour les sources de la Vanne, les variables dont dépend le débit dans la période où les pluies ne profitent plus guère à la nappe, et construit la relation qui relie les variables et le débit.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **Ch. Féry** propose une nouvelle méthode pour mesurer la température des flammes : elle consiste, en principe, à produire le renversement d'une raie métallique au moyen des rayons émis par un corps solide porté à une température convenable. Au moment où la raie, en passant du clair noir, disparaît, on admet que la température du solide est égale à celle de la flamme. — M. **de Valbreuze** signale des phénomènes particuliers présentés par les arcs au mercure, qui semblent dus à l'existence, à la surface du mercure, d'une sorte de membrane plus ou moins perméable au courant. — M. **Ch. Maurain** a obtenu, par l'action d'un champ magnétique oscillant sur un noyau de fer ou d'acier, la suppression complète de l'hystérésis magnétique. — M. **E. Mathias** a calculé la loi de distribution régulière de la force totale du magnétisme terrestre en France au 1er janvier 1896; elle est donnée, par rapport à Toulouse, par l'équation : $\Delta T = +16{,}5 + 1{,}272\,\Delta\,\text{long.} + 5{,}0457\,\Delta\,\text{lat.} + 0{,}000.712\,(\Delta\,\text{long.})^2 - 0{,}001.081\,(\Delta\,\text{long.})\,(\Delta\,\text{lat.}) - 0{,}000.918\,(\Delta\,\text{lat.})^2$. — M. **Th. Moureaux** a constaté l'existence d'une anomalie magnétique très nette dans le bassin de Paris. Il y a des zones bien délimitées à écarts positifs et négatifs. — M. **G. Maréchal** propose d'adopter provisoirement, pour valeur de la chaleur spécifique C de la vapeur surchauffée, aux pressions où on l'utilise dans les machines à vapeur, la valeur $C = 0{,}48 + 0{,}0005\,t$, t étant la température de surchauffe. — M. **G. Chesneau** a étudié microscopiquement deux haches en bronze préhistoriques de la Charente. L'une a été utilisée telle quelle après la fonte; l'autre, postérieure, a subit des recuits combinés avec le martelage. — M. **H. Pélabon** a déterminé la courbe de fusibilité des mélanges de protosulfure de bismuth et de sulfure d'argent ou d'antimoine. La première est une ligne polygonale présentant deux ordonnées minima (eutectique) et une ordonnée maximum (composé défini $Ag^2S.4BiS$). — M. **A. Trillat** a étudié les influences activantes ou paralysantes agissant sur le manganèse envisagé comme ferment métallique. Pour que le manganèse devienne actif, il faut que le milieu à oxyder contienne un alcali ou un sel alcalino-terreux. Pour la même quantité d'alcali, les doses croissantes de Mn agissent comme paralysants. — M. **V. Auger**, en réduisant le méthylarsinate de soude $CH^3AsO^3Na^2$ par SO^2, a obtenu l'oxyde de méthylarsine CH^3AsO, qui, traité par l'iodure de méthyle, fournit le diméthylarsinate de soude $(CH^3)^2AsO^2Na$; celui-ci, soumis aux mêmes opérations, donne l'oxyde de triméthylarsine $(CH^3)^3AsO$. — MM. **H. Baubigny** et **P. Rivals** décrivent un nouveau mode de séparation de l'iode et du chlore et du brome dans les sels halogénés alcalins par la transformation du premier en acide iodique au moyen du permanganate. Cette méthode peut servir à préparer de l'iode absolument pur.

3° SCIENCES NATURELLES. — MM. **A. Broca** et **D. Sulzer** ont déterminé la sensation lumineuse en fonction du temps pour les lumières colorées. Les courbes obtenues sont analogues, comme forme générale, à celles que donne la lumière blanche, quoique présentant des différences importantes entre elles. — M. **F. Houssay** a étudié la fécondité et la sexualité chez les poules carnivores. A mesure que l'intoxication alimentaire avance, les œufs se développent et éclosent de moins en moins; les poussins éclos sont presque tous des mâles. — M. **Arm. Sabatier** montre que l'appendice plus ou moins ossifié qui existe sur la ceinture pectorale de la plupart des Poissons osseux n'a d'autre signification que celle d'un doigt; c'est un doigt scapulaire noyé dans le derme. — M. **J. Audigé** a observé sur des saumons de Californie une infection microbienne qui se traduit par une exophtalmie unilatérale très prononcée. La plupart des individus atteints meurent en huit à dix jours; chez ceux qui guérissent, l'œil devient opaque. — M. **J. Gal** a reconnu qu'à la ponte, chez le *Bombyx Mori*, les graines fécondées sont émises très vite, tandis que les graines non fécondées sont retenues plus longtemps dans l'attente d'un accouplement possible qui les rendrait bonnes. — M. **Guilliermond** communique ses recherches sur la formation des cellules-mères et des spores chez les Ascomycètes. — M. **P. Termier** présente un essai de synthèse géologique des Alpes orientales. Elles ne diffèrent des Alpes occidentales que parce qu'elles sont plus complètes. Elles ont conservé non seulement une grande partie de leurs nappes, mais aussi leur zone de racines internes, et même une certaine étendue de la région située au sud de l'évantail. — M. **St. Meunier** a observé que des boules de plâtre, abandonnées à la dessiccation après une courte immersion dans l'eau salée, se sont transformées intégralement en agrégats de cristaux de gypse.

Séance du 7 Décembre 1903.

L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, les listes suivantes de candidats : *a*) pour la chaire d'Histoire des Sciences vacante au Collège de France : 1° M. **P. Tannery**; 2° M. **G. Wyrouboff**; *b*) pour une place d'Astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris : 1° M. **P. Puiseux**; 2° M. **M. Hamy**.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **E. Borel** démontre le théorème suivant : Etant donnés, dans un domaine limité, une infinité d'ensembles mesurables, tels que la mesure de chacun d'eux ne soit pas inférieure à σ, les points communs à une infinité d'entre eux forment un

ensemble dont la mesure n'est pas inférieure à σ. — **M. A. Auric** montre que, si une équation de degré n, $F(z)+i\Phi(z)=0$, a toutes ses racines imaginaires, dont k ($k \leqq n-k$) situées d'un même côté de l'axe des abscisses, l'équation $pF(z)+q\Phi(z)=0$ a au moins $n-2k$ racines réelles. — **M. D. Eginitis** communique ses observations des Léonides et des Biélides faites à Athènes en 1903. — **M. Ch. Renard** étudie l'influence de la perfection des hélices sustentatrices sur le poids maximum qui peut être soutenu par un hélicoptère à deux hélices.

2° Sciences physiques. — **M. R. Blondlot** a reconnu que certains corps, pendant qu'ils sont soumis à une compression, acquièrent la propriété d'émettre des rayons n. L'acier trempé, le verre trempé et d'autres corps en état d'équilibre moléculaire contraint possèdent aussi la propriété d'émettre spontanément et indéfiniment des rayons n. — **M. Ch. Fabry** a essayé de mesurer l'intensité de l'éclairement produit par le Soleil en l'affaiblissant dans un rapport connu. Au zénith, à la distance moyenne du Soleil, cet éclairement est, au niveau de la mer, 100.000 fois celui que donne une bougie décimale à un mètre. — **MM. B. Brunhes** et **P. David** ont constaté, dans une carrière d'argile cuite magnétique de Royat, que la lave qui, en coulant, a cuit l'argile a, dans l'ensemble, la même direction d'aimantation que cette argile cuite. La lave, elle aussi, aurait donc conservé la direction d'aimantation du champ terrestre à l'époque de la coulée. — **M. P. Lemoult** indique une nouvelle formule générale qui permet de calculer les chaleurs de combustion des corps $C^xH^yO^p$; c'est $z=102x+55/2y-\Sigma\varphi+K$, où φ et K sont des constantes variables suivant les groupes de corps et la nature des liaisons qu'ils renferment. — **M. P. Freundler** a observé que les acétals *o*-azobenzoïque et *o*-hydrazobenzoïque se transforment très facilement et à basse température en acide ou acétal indazyl-*o*-benzoïque. — **M. M. Delépine** a étudié l'action de l'acide cyanhydrique sur l'aldéhydate d'ammoniaque et les combinaisons analogues (éthylidène-imine, etc.). L'acide se fixe sur les doubles liaisons des imines, comme il le fait avec les aldéhydes, les hydrazones et les oximes. — **M. L.-J. Simon** décrit une nouvelle réaction de l'hydroxylamine : lorsqu'on ajoute à une solution diluée d'un de ses sels quelques gouttes d'une solution de nitroprussiate de sodium et un léger excès d'alcali, puis qu'on chauffe à ébullition, la liqueur prend une belle coloration rouge cerise. — **M. L. Bouveault**, en condensant les formamides disubstituées HCO.Az RR' avec les dérivés organo-magnésiens MgR''X, a obtenu un corps qui, décomposé par l'eau, fournit l'aldéhyde R''CHO et l'amine RR'AzH. — **M. M. Tiffeneau**, en soumettant à l'action de la chaleur le dérivé magnésien obtenu par action du bromure de phénylmagnésium sur la monochloracétone, a observé une migration du groupe phényle, avec formation de phénylacétone. — **M. G. Chavanne** a préparé les éthers méthylique et éthylique de l'acide isopyromucique au moyen des sulfates diméthylique et diéthylique. Les autres méthodes ont échoué. — **MM. E. Varenne** et **L. Godefroy** ont constaté, par l'emploi du chrono-stiliscope, l'existence de plusieurs hydrates d'alcool et d'eau : $C^2H^5.OH+2H^2O, C^2H^5OH+3H^2O; C^2H^5OH+6H^2O$. — **MM. Eug. Charabot** et **G. Laloue** ont étudié la production et la distribution de quelques substances organiques chez le Mandarinier. L'essence de feuilles s'enrichit pendant la végétation en produits solubles, à l'inverse de ce qui a lieu dans l'essence de tiges. — **M. E Manceau** a déterminé les caractères chimiques des vins provenant de vignes atteintes par le mildew. Ils diffèrent sur plusieurs points des vins normaux, en particulier par une proportion exagérée de matières albuminoïdes. — **M. F. Wallerant** montre que les macles artificielles fournissent des renseignements précieux pour la détermination de la forme primitive des cristaux en donnant à la fois une face et une arête de cette forme.

3° Sciences naturelles. — **M. M. Berthelot** a reconnu que la naphtaline jouit de propriétés microbicides et insecticides nulles. Les meilleurs destructeurs des insectes ou des microbes sont les agents oxydants ou réducteurs. — **MM. A. Laveran** et **F. Mesnil** ont étudié un Protozoaire nouveau, trouvé par Donovan à l'autopsie de malades morts de fièvres dans l'Inde. C'est un *Piroplasma*, que les auteurs désignent par le nom de *P. Donovani*; il présente des formes endoglobulaires. — **M. E. de Rouville** a entrepris la revision des Nématodes libres marins de la région de Cette. Il y a déjà trouvé 17 genres, dont un nouveau, et 20 espèces, dont trois nouvelles. — **M. L. Léger** a étudié un Sporozoaire parasite très fréquent sur les Moules du golfe du Calvados; il le nomme *Nematopsis Schneideri*. C'est probablement une Coccidie monozoïque à évolution un peu particulière. — **M. G. Delacroix** a recherché la cause de la filosité de la pomme de terre. Elle réside dans l'état de déchéance et d'infériorité vitale amené par l'emploi du bouturage exclusif dans la multiplication des pommes de terre. Le semis de graines est le seul moyen d'y remédier. — **M. J. Caralp** communique ses recherches sur le système permien dans les Pyrénées françaises et espagnoles. — **M. J. Bergeron** a étudié la tectonique de la haute vallée de la Jalomita (Roumanie). Il y a reconnu des indices certains de charriage.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 1er Décembre 1903.

M. le Président annonce le décès de **M. A. Proust**, membre de l'Académie.

M. Porak présente le Rapport de la Commission permanente de l'Hygiène de l'enfance pour 1903. — **M. Boinet** signale les dangers des injections sous-cutanées d'adrénaline lorsque, par suite d'altérations pathologiques ou de lésions expérimentales, il ne reste plus qu'une trop faible quantité de parenchyme surrénal encore indemne et capable de remplir ses fonctions physiologiques. Il convient donc de renoncer aux injections d'adrénaline dans les cas graves ou avancés de maladie d'Addison. A la dose d'un tiers de milligramme dans les cas récents, on peut espérer qu'elle provoquera une hypertrophie compensatrice dans les portions restées saines des capsules surrénales. Il y aurait peut-être lieu de substituer à l'adrénaline un de ses dérivés, l'*oxyadrénaline*, dix fois moins toxique. — **M. Dieulafoy** a employé le sérum de Marmorek dans sept cas de tuberculose pulmonaire. Le sérum n'a pas paru avoir une influence favorable ni sur la fièvre, ni sur l'expectoration, ni sur l'évolution des lésions pulmonaires, ni sur la nutrition. Actuellement, cinq des malades traités sont morts. — **MM. Le Dentu** et **Hallopeau** n'ont pas obtenu de meilleurs résultats. Seul, **M. Ch. Monod** a vu se produire quelques améliorations sous l'influence de ce sérum. — **M. G. Hayem** signale un cas de faux asthme d'origine gastrique. La dilatation de l'estomac consécutive à une gastrite glandulaire méconnue peut déterminer mécaniquement des accès de suffocation et de dyspnée continue; un traitement approprié à l'état stomacal fait disparaître rapidement les phénomènes respiratoires.

Séance du 8 Décembre 1903.

M. Barrier est élu membre titulaire dans la Section de Médecine vétérinaire.

M. Albert Josias présente le Rapport de la Commission chargée d'étudier le lazaret du Frioul et les mesures de défense contre la peste. La Commission propose à l'Académie de déclarer l'urgence absolue : 1° Que le lazaret du Frioul soit aménagé dans de meilleures conditions d'hygiène et de confort et comporte : *a*) une infirmerie avec chambres d'isolement; *b*) un hôpital pour les malades atteints de maladies pestilentielles et établi avec toutes les ressources de la théra-

peutique et de la prophylaxie modernes; 2° Que les mesures imposées par le décret du 21 septembre 1903, concernant la désinfection des navires et la destruction des rats, avant le déchargement, à l'aide des procédés reconnus les plus pratiques et les plus efficaces, soient rigoureusement appliquées. — MM. **V. Cornil** et **P. Coudray**, en mobilisant avec une certaine énergie les fragments de fractures faites sur le lapin, ont vu, au bout de dix à douze jours, l'irritation aboutir à la production d'un tissu fibreux qui s'interpose entre les fragments déjà recouverts par le cartilage, qui est beaucoup plus abondant que l'os nouveau. C'est la présence de ce tissu fibreux qui protège le tissu osseux nouveau. — M. **Jacquet** lit un Mémoire intitulé : Echec de 100 tentatives d'inoculation peladique. — M. **J.-A. Rivière** donne lecture d'un travail ayant pour titre : Cancer et physico-thérapie.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 21 Novembre 1903.

M. **Dembinski** a reconnu que, par l'injection intraveineuse de doses croissantes de bacilles tuberculeux morts, il est possible d'habituer les lapins aux doses mortelles pour les témoins. — M. **J. Jolly**, en chauffant des Tritons et des Lézards, a obtenu, chez ces animaux, l'apparition dans le sang de jeunes globules rouges avec des mitoses. — MM. **V. Henri** et **A. Mayer** ont observé que l'action des radiations du radium a pour effet de transformer peu à peu l'hémoglobine en méthémoglobine, en même temps qu'elle diminue la solubilité de ce corps. Les globules rouges du sang soumis à l'action du radium se comportent, vis-à-vis des solutions, autrement que les globules normaux; leur résistance à l'hémolyse est diminuée. — M. **Ed. Retterer**, en pratiquant le décollement des membranes tégumentaires et en variant ensuite les conditions de milieu ou de nutrition, a réussi à déterminer le développement de follicules clos aux dépens de masses épithéliales. — M. **L. Maillard** a reconnu que la prétendue diazo-réaction d'Ehrlich fournie par les extraits d'*Indigofera* est due, non pas à l'indoxyle, mais aux matières jaunes des feuilles, du groupe des tannins. D'autre part, l'indoxyle conjugué, tel qu'il existe dans l'urine, ne prend pas la moindre part à la diazo-réaction d'Ehrlich. — M. **Ch. Garnier** a déterminé les variations du pouvoir lipasique du sang chez l'homme au cours de diverses infections et intoxications. En général, il se relève toutes les fois qu'il y a amélioration; cette détermination est donc intéressante au point de vue du pronostic. — M. **E. Maurel** a étudié l'ordre de sensibilité des éléments anatomiques au sulfate de spartéine; c'est le suivant : fibre lisse, fibre cardiaque, fibre striée, nerf moteur, nerf sensitif, leucocyte, hématie. — Le même auteur rappelle ses recherches antérieures sur le temps nécessaire aux aliments pour parcourir le tube digestif. — MM. **F. Widal** et **A. Lemierre** signalent un cas de fièvre typhoïde avec pleurésie due au bacille d'Eberth. — M. **P. Remlinger** est parvenu à isoler le virus rabique souillé naturellement par filtration à travers une bougie Berkefeld V, qui retient les microbes visibles qui l'accompagnent. — MM. **J. Sabrazès** et **L. Muratet** ont reconnu que les cellules hématomacrophages que l'on rencontre parfois dans le liquide céphalo-rachidien peuvent provenir soit des cellules endothéliales arachnoïdiennes, soit de corps granuleux. M. **F.-J. Bosc** a examiné le cerveau de chiens morts de rage et y a retrouvé les corps décrits par Negri; ce sont des corps bien caractéristiques, impossibles à confondre avec des produits de dégénérescence. — M. **A. Mouneyrat** a trouvé dans le sang normal un corps susceptible de réduire le bichromate qui ne paraît pas être de la glycérine. — M. **G. Bohn** a étudié les actions tropiques de la lumière sur divers organismes. Il a reconnu, d'autre part, que les rayons du radium ont une action très intense sur les téguments. — MM. **R. Lépine** et **Boulud** ont observé une augmentation du pouvoir glycolytique du sang à la suite de la ligature du canal de Wirsung. — M. **J. Lépine** décrit les lésions qu'il a observées et qui correspondent aux accidents laryngés du tabes. — M. **Louis Lemaire** a constaté que toutes les conditions qui augmentent, dans des limites non exagérées, l'acidité des urines augmentent aussi le pouvoir amylolytique. — M. **Ch.-A. François-Franck** montre que le nitrite d'amyle, en inhalations trachéales, produit sur le cerveau du chien une vaso-dilatation progressive considérable; il en est de même sur les vaisseaux coronaires cardiaques. M. **J. Noé** a étudié le dimorphisme sexuel organique chez le Hérisson adulte; l'absorption est plus active chez la femelle, l'élimination chez le mâle. — M. **M. Loeper** a observé que l'injection d'adrénaline produit une excitation élective des organes hématopoïétiques (et particulièrement de la rate), de l'appareil cardiovasculaire et de la capsule surrénale. — M. **J. Lefèvre** montre les erreurs et équivoques introduites dans la recherche du rayonnement aux diverses températures lorsque les épreuves sont espacées ou mal classées. — M. **H. Cristiani** a reconnu que les greffes thyroïdiennes, extirpées et réimplantées à nouveau à une autre place, reprennent si elles sont assez mures et pas trop jeunes. — M. **J. Nicolas** a constaté que la splénectomie n'influence nullement la polynucléose rabique du lapin. — MM. **Mignan**, **Perpère** et **Clayeux** signalent un cas d'inversion complète des viscères chez une femme. — MM. **Cadéac** et **Maignon** ont observé que tout traumatisme est accompagné d'une élimination de composés glycuroniques et souvent de glucose par les urines; ce glucose se forme dans les tissus lésés. L'injection de glucose dans le sang produit la même élimination.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 17 Novembre 1903.

M. **P. Stephan** décrit de nouveaux types de processus paraévolutifs de spermatogénèse chez des hybrides. Il semble que l'hybridation prolonge considérablement une phase du développement des organes génitaux plus ou moins éloignée de leur maturité, et où l'évolution des éléments, moins fortement déterminée, n'arrive pas à son terme normal ou s'engage dans des directions défectueuses. — M. **Boinet** signale les dangers de l'adrénaline chez des addisoniens avancés (voir p. 1286). — MM. **A. Raybaud** et **P. Sépet** ont observé à Marseille un nouveau cas d'actinomycose humaine. — M. **Ch. Livon** a déterminé les gaz du sang dans l'anesthésie par le protoxyde d'azote. La quantité relative de CO^2 diminue et celle de O augmente. — MM. **M. Arthus** et **M. Breton** ont étudié les lésions cutanées produites par les injections de sérum de cheval chez le lapin anaphylactisé pour et par ce sérum. Il s'agit d'une nécrose aseptique, qui frappe d'abord les éléments conjonctifs et vasculaires, puis l'épiderme. — MM. **M. Arthus** et **J. Gavelle** ont reconnu que, dans des milieux sucrés fluorés à 1 °/₀, la levure est tuée progressivement; cependant, certains globules résistent plus ou moins longtemps et sont, pendant ce temps, en état de mort apparente. Ceux-ci, reportés en moût frais, n'apparaissent pas comme profondément modifiés dans leurs propriétés fermentatives.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Novembre 1903.

M. **Ch. Nordmann** rappelle que l'étude de la surface solaire l'a amené à penser que, dans les perturbations de la photosphère, il doit se produire des décharges électriques engendrant des ondes hertziennes intenses, et que l'intensité des ondes hertziennes émises par le Soleil doit être particulièrement grande dans les régions et aux époques de la plus grande activité solaire. M. Nordmann propose de considérer les « aurores boréales » comme des phénomènes cathodiques produits, dans les couches raréfiées de l'atmosphère ter-

restre, par les rayons hertziens émanés du Soleil, suivant la propriété connue de ces ondes. Il semble, dans ces conditions, que la plupart des particularités révélées par deux siècles d'observations au sujet des aurores boréales, et dont la plupart sont restées jusqu'ici fort obscures, s'interpréteraient facilement, et notamment les diverses périodicités des aurores boréales (diurne, annuelle, undécennale). Nous renvoyons à ce sujet à l'article que M. Nordmann a publié ici même[1]. — M. A. **Champigny** décrit un *focomètre-banc d'optique, de construction économique*. Il comprend, comme les appareils similaires, une règle avec supports cursifs, faits ici en bois dur, les supports recevant les verres et pièces diverses, préalablement fixés sur des rondelles métalliques perforées; les verres sont simplement collés sur ces rondelles avec interposition de papier. Le support le plus voisin de l'œil porte une loupe à micromètre, dont les traits extrêmes sont distants de 4 millimètres; il y a en plus une glace plane argentée et quatre verres blancs portant chacun deux traits gravés, aux écartements de 3, 6, 12 et 18 millimètres; le verre employé est appelé *micromètre inférieur*. Les méthodes de mesures à employer pour la détermination de la focale des verres ou systèmes de verres, convergents ou divergents, focale qui doit être comptée à partir du point nodal, peuvent être toutes celles qui sont décrites dans les Traités de Physique. Il a paru à l'auteur avantageux de procéder comme il suit, et c'est à cela que servent les verres dont les traits ont les écartements ci-dessus : 3, 6, 12, 18. Dans une première opération, on détermine la position du plan focal par rapport à la surface la plus voisine du verre ou système étudié, d'où un premier nombre *a*; dans une seconde opération, on détermine un nombre *b*, distance d'un foyer secondaire à la même surface, et tel que, en multipliant $(b-a)$ par 1,5 pour les verres convergents, on ait immédiatement la focale principale; pour les verres divergents, $b-a$ exprime la focale en grandeur exacte. Les nombres *a* et *b* s'obtiennent toujours après avoir mis la loupe au point sur son micromètre, en formant une image juxtaposée de ce micromètre ou du micromètre inférieur, dont les traits coïncident sans parallaxe avec ceux du micromètre de loupe. Le focomètre-banc d'optique permet aussi, d'une manière simple, de mesurer les rayons de courbure des surfaces sphériques, à la condition qu'elles soient réfléchissantes. Quelques soins sont nécessaires pour obtenir facilement de bonnes mesures. — M. **Ch. Féry** décrit une *méthode nouvelle pour la détermination des constantes des lentilles*. Elle a pour but de remplacer la détermination ordinaire du foyer des lentilles, qui se fait par la *mise au point* d'une image, par une mesure d'*angle* et de *longueur* qui peut s'obtenir avec une grande précision. La lentille *convergente* ou *divergente* à étudier est placée sur la platine d'un goniomètre de Babinet; on peut lui donner dans son plan un déplacement arbitraire, mais connu, au moyen d'une vis micrométrique. La déviation angulaire du faisceau qui en résulte permet de calculer le *foyer absolu* du verre et son *aberration principale* pour différentes ouvertures. Si la lentille est immergée dans un liquide d'indice connu, de l'eau par exemple, on peut déduire de ces nouvelles mesures l'*indice* de la matière employée et même son *pouvoir dispersif* pour les raies employées.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 27 Novembre 1903.

M. A. **Kling** a fait agir les dérivés organo-magnésiens sur l'*épichlorhydrine*; il a montré qu'à froid, et en décomposant immédiatement par l'eau le produit de la réaction, on obtient le dérivé $CH^2Cl.CHOH.CH^2I$. Il a utilisé cette réaction pour l'établissement de la constitution de l'acétol *anhydre* et de ses éthers. Il conclut que ces composés sont de constitution cétonique. L'acétol existerait sous deux formes tautomériques, suivant qu'on le considère anhydre ou en solution aqueuse. — MM. **G. Urbain** et **H. Lacombe** exposent le résultat de leurs recherches sur les analogies chimiques que présentent les composés des terres rares et ceux du bismuth. Les caractères analogiques sur lesquels ils attirent l'attention sont : 1° L'isomorphisme des nitrates simples et des sulfates simples, mis en évidence par Göste Bodman; 2° L'isomorphisme des nitrates de la série magnésienne, dont les auteurs ont décrit les termes se rapportant au bismuth; 3° L'existence pour le bismuth de sels à fonction mixte du type de ceux que donnent les terres rares : oxalonitrate $C^2O^4.Bi.AzO^3.3H^2O$, sulfochlorure $SO^4.Bi.Cl.HCl.4H^2O$; 4° Le parallélisme de composition que présentent les sels basiques de bismuth et les sels basiques des terres rares, en particulier de celles d'entre elles qui, comme l'ytterbine, sont des bases faibles; 5° L'analogie des oxalates, des carbonates, des hydrates, des sulfates doubles potassiques, etc. Le groupe des terres rares doit être considéré comme le prolongement naturel de la famille des éléments trivalents dont l'azote est le premier terme. Le bismuth se rapproche davantage du samarium et du gadolinium que des autres terres rares. Les auteurs décrivent les expériences qui leur ont permis de séparer rigoureusement les terres samariques des terres gadoliniques, entre lesquelles le bismuth vient s'intercaler dans le fractionnement des nitrates magnésiens. — M. A. **Chassevant**, à propos de l'argent colloïdal, rappelle que, dans sa première Note avec M. Posternak, il a montré que les réactions obtenues ne permettaient pas d'affirmer la fonction chimique de ce composé, mais étaient dues à l'état particulier de la molécule colloïdale et communes à tous les colloïdes, quelles que soient leurs fonctions chimiques. Préparant l'argent colloïdal par la méthode de Schneider et purifiant avec l'alcool, il a obtenu une solution d'argent colloïdal renfermant 96,59 °/₀ d'argent et possédant toutes les propriétés déjà décrites pour les autres composés obtenus par les divers auteurs. — M. **G. Darzens** expose une méthode générale de préparation des aldéhydes, consistant à réaliser la synthèse du groupement instable $-CH=CH-OH$, se transposant instantanément en groupement $-CH^2-COH$. Pour préparer ces alcools non saturés, on prépare d'abord les acides α-oxy-acryliques substitués en condensant des cétones ou des aldéhydes avec l'acide glycolique ou ses éthers. Mais on peut réaliser ces synthèses d'une façon beaucoup plus pratique en réunissant, pour ainsi dire dans une même opération, la préparation de l'acide glycolique et sa condensation. Dans une dissolution d'un atome de sodium dans l'alcool rigoureusement absolu, on verse lentement un mélange d'éther monochloracétique et de la cétone à condenser. L'éther obtenu est saponifié et distillé dans le vide, ce qui mène de suite à l'aldéhyde par perte de CO^2. L'auteur a pu ainsi préparer une nouvelle aldéhyde duodécylique en prenant comme point de départ la méthylnonylcétone, ainsi qu'un certain nombre d'aldéhydes aromatiques nouvelles. La nouvelle méthode s'applique aux cétones grasses et aromatiques, et aux aldéhydes aromatiques. — M. **Tiffeneau** signale plusieurs cas dans l'élimination de la partie minérale des composés organo-magnésiens : 1er cas : *Élimination de* MgX^2 entre un éther halogéné R'X et un dérivé magnésien RMgX; c'est une extension bien connue de la réaction de Würtz; mais, appliquée aux composés non saturés, elle a permis à l'auteur d'obtenir le phénylpropylène, l'allylbenzène et l'estragol; 2e cas : *Élimination de* MgX^2 entre un éther halogéné R'X et un dérivé magnésien ROMgX : $ROMgX + R'X = MgX^2 + ROR'$. C'est ainsi que des dérivés magnésiens perdent MgX^2 sous l'action de la chaleur en donnant, probablement après formation transitoire d'un oxyde interne, soit les aldéhydes correspondantes dans tous les cas où R

[1] Ch. Nordmann : Le rôle des ondes hertziennes en Astronomie physique, dans la *Revue* du 30 avril 1902.

est autre qu'un phényle, soit les acétones $CH^3-CO-CH^2-R$ dans le cas où R est un phényle, ce qui démontre péremptoirement la *migration phénylique*; 3° CAS : *Élimination simultanée de* MgX^2 *et de* MgO. M. Béhal a montré, dans le cas du pipéronal, que cette élimination donne l'éther oxyde : $2R-CH^2OMgX = R-CH^2-O-CH^2R+MgO+MgX^2$. Klages, en opérant en présence d'une molécule d'organomagnésien supplémentaire, obtient le carbure monomère. En employant, au contraire, seulement 1/2 molécule supplémentaire, l'auteur obtient le dimère fusible à 52°. Les trois modes d'action peuvent se produire simultanément.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES.

H. Lamb : Sur la propagation de secousses sur la surface d'un solide élastique. — Ce Mémoire traite de la propagation des vibrations sur la surface d'un solide élastique isotrope, semi-infini, par exemple un solide limité par un plan. On peut concevoir ce plan comme étant horizontal et le solide placé au-dessous, bien que l'on ne tienne pas spécialement compte de la gravité.

Les vibrations sont supposées être dues à une application arbitraire de la force en un point. Dans la discussion complète du problème, cette force consiste en une impulsion appliquée normalement à la surface; mais quelques autres cas, y compris celui d'une source interne de trouble, sont aussi considérés (quoique plus brièvement). A cause de la complexité du problème, l'attention a été concentrée d'abord sur les vibrations telles qu'elles se manifestent à la surface libre; les modifications que cette dernière introduit dans le caractère des ondes propagées à l'intérieur n'ont, par conséquent, pas été examinées minutieusement.

Cette recherche peut offrir quelque intérêt au point de vue théorique, et aussi par rapport au phénomène des tremblements de terre. Les sismologues ont naturellement essayé de temps à autre d'interpréter le phénomène, tout au moins dans ses traits essentiels, à l'aide de la théorie élastique. La plupart de ces essais ont été basés sur les lois générales de la propagation de l'onde dans un milieu illimité, développées par Green et Stokes; mais la découverte, par lord Rayleigh, d'un type spécial d'ondes de surface a mis en évidence que l'influence de la surface libre, en modifiant le caractère des vibrations, est plus définie et plus sérieuse qu'on ne l'avait supposé jusqu'alors. Le but de ce Mémoire est de faire un pas de plus dans l'adaptation de la théorie aux conditions actuelles, en recherchant les cas d'ondes *forcées*, et en abandonnant (à la fin) la restriction aux vibrations harmoniques simples. Bien que les circonstances des tremblements de terre actuels doivent beaucoup différer de l'état de choses idéal qu'il faut supposer comme base de calcul, l'auteur espère que la solution des problèmes traités dans ce Mémoire ne sera pas inapplicable.

Il a trouvé que le trouble de la surface produit par une seule impulsion de courte durée peut être décomposé grossièrement en deux parties : la secousse mineure et le choc principal. La secousse mineure se propage en un point quelconque, avec une certaine soudaineté, après un intervalle égal au temps que met une onde de déplacement longitudinal (dans un milieu illimité) pour traverser la distance qui sépare ce point de la source. Excepté lorsque certaines circonstances se présentent au point initial, cette secousse mineure peut être considérée d'une façon générale comme consistant en une longue ondulation montant jusqu'au choc principal et s'éteignant ensuite graduellement après que ce dernier a passé. Sa durée se prolonge et son amplitude diminue de plus en plus, à mesure que la distance de la source augmente. D'autre part, le choc principal se propage comme une onde solitaire (avec un maximum et un minimum, à la fois dans le déplacement horizontal et vertical); sa durée est constante et son amplitude diminue seulement suivant la loi ordinaire de la divergence annulaire, de sorte que son énergie totale, contrairement à celle de la secousse mineure, ne diminue pas. Sa vitesse est celle des ondes libres de Rayleigh, et, par conséquent, est un peu moindre que celle des ondes de déplacement transversal dans un milieu illimité.

2° SCIENCES PHYSIQUES.

J.-H. Poynting : La Radiation dans le système solaire : son effet sur la température et sa pression sur les corps de petite dimension. — I. *Température.* On peut calculer une limite supérieure des températures des surfaces entièrement absorbantes ou des surfaces noires recevant leur chaleur du Soleil, et, d'après certaines hypothèses, il est possible de trouver les températures des surfaces planétaires, si l'on accepte la loi de la quatrième puissance de la radiation, puisqu'on connaît approximativement la constante solaire (c'est-à-dire le quotient de réception de la chaleur du Soleil) et la constante de la radiation (c'est-à-dire l'énergie rayonnée à 1° absolu par une surface entièrement rayonnante).

La température effective de l'espace, calculée d'après une donnée très incertaine, est d'environ 10° absolus. Les corps, dans l'espace interplanétaire et à une température beaucoup plus élevée, peuvent donc être considérés comme situés pratiquement dans une enceinte à la température de zéro, excepté en tant qu'ils reçoivent la chaleur du Soleil.

Le premier cas considéré est celui d'une Terre idéale, ressemblant plus ou moins à la Terre réelle; l'auteur prouve que la température de sa surface est en moyenne de 325°, 302° ou 290° absolus suivant que l'on prend pour la constante solaire la valeur d'Angström 4 cal./min., la valeur de Langley 3 cal./min., ou la valeur déduite du travail de Rosetti 2,5 cal./min. La plus basse valeur trouvée (290° absolus) se rapproche beaucoup de la température moyenne de la surface de la Terre, que l'on peut évaluer à 289° absolus. Comme la température effective de la Terre doit, si elle existe, être inférieure à celle-ci et qu'elle ne peut pas beaucoup différer de celle de la planète idéale, la valeur de Rosetti pour la constante solaire, 2,5 cal./min. ou $0,175 \times 10^7$ ergs/sec., est probablement la plus rapprochée de la vraie valeur et c'est, par conséquent, celle qui est employée dans les calculs suivants.

Les calculs précédents peuvent être renversés.

Il est prouvé que, d'après certaines suppositions, la température effective du Soleil est 21,5 fois celle de la Terre idéale. Si l'on considère que la Terre réelle, avec une température de 289° absolus, ressemble suffisamment à l'idéale, on obtient une température solaire de $21,5 \times 289 = 6.200°$ absolus.

La limite supérieure de la température de la surface de la Lune est déterminée, et il est prouvé qu'elle est de 412° absolus, si aucune chaleur n'est absorbée intérieurement. Mais Langley trouve que la température actuelle n'est pas beaucoup plus élevée que le point de congélation, en moyenne. Ceci conduit à la conclusion qu'elle n'est pas supérieure aux quatre cinquièmes de la plus haute valeur possible, la réduction étant due à la conduction interne.

La température d'un petit corps dont les dimensions sont de l'ordre de 1 centimètre ou moins, mais cependant assez grand pour pouvoir absorber la radiation, est presque uniforme, et, à la distance qui sépare la Terre du Soleil, d'environ 300° absolus.

Toutes conditions semblables, les températures doivent varier inversement à la racine carrée de la distance du Soleil. Ainsi Mars, si elle est une planète semblable à la Terre, n'a nulle part une température supérieure à 253° absolus et, si elle est une planète semblable à la Lune, la limite supérieure de la température de la partie la plus chaude est d'environ 270°.

II. *Pression de la radiation.* Le rapport entre la

pression de la radiation due à la lumière du Soleil et la gravitation solaire s'accroît, comme on le sait, lorsque le corps récepteur diminue de grandeur. Mais, si le corps radiant diminue aussi en dimension, ce rapport augmente. Il est démontré que, si deux sphères égales et entièrement rayonnantes, possédant la température et la densité du Soleil, rayonnent l'une vers l'autre dans l'espace, à 0°, à une grande distance comparativement à leur rayon, alors l'impulsion du rayonnement équilibre l'effort de la gravitation lorsque le rayon de chacune est de 335 mètres. Si la température des deux corps égaux est de 300° absolus et leur densité 1, le rayon pour l'équilibre entre les deux forces est $19^m,62$. Si la densité est celle de la Terre (5,5), l'équilibre se produit avec un rayon de $3^m,4$. Si les températures des deux sont différentes, les pressions dues au rayonnement sont différentes, et l'on peut s'imaginer deux corps, qui tendront tous les deux à se mouvoir dans la même direction, l'un chassant l'autre, sous l'action combinée de la radiation et de la gravitation.

L'effet du principe de Döppler sera de limiter la vitesse atteinte dans une telle course. L'auteur examine ensuite l'effet Döppler sur un radiateur mobile, et il a trouvé une expression pour l'augmentation de pression sur le front et la diminution de pression sur l'arrière d'une sphère rayonnante d'une température uniforme, se mouvant à travers un milieu au repos. Elle est proportionnelle à la vitesse, à une température donnée. Il a trouvé l'équation de l'orbite d'un tel corps se mouvant autour du Soleil, et il a démontré que la poussière météorique à l'intérieur de l'orbite de la Terre sera précipitée dans le Soleil, dans un temps comparable avec les temps historiques, tandis que les corps d'environ 1 centimètre de rayon seront attirés dans un temps comparable aux périodes géologiques.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 *Novembre* 1903.

M. **H. Darwin** présente un thermostat électrique. L'enceinte dont la température doit être maintenue constante est entourée d'huile; dans cette huile baignent deux bobines traversées par des courants électriques; en contrôlant automatiquement ces courants, la température de l'huile peut être maintenue très constante. — M. **S. Skinner** a étudié les cavitations qui se produisent dans la lubréfaction au moyen d'un dispositif analogue à un axe tournant sur coussinet et en observant au travers d'une plaque de verre au moyen d'un microscope. Le diamètre des cavités qui se produisent dans l'huile varie avec la rotation. Dans les coussinets à billes, il y a une petite cavité près du point où chaque bille s'aproche le plus de ses voisines et aussi de la surface sur laquelle elle tourne. La friction est considérablement réduite par ces cavités, qui sont remplies de vapeur relativement non visqueuse. Les fortes propriétés lubréfiantes des huiles sont dues non seulement à leur grande viscosité, mais aussi probablement à la facilité avec laquelle il s'y forme des cavités. — M. **R. Threlfall** présente : un voltmètre à fil chaud, exact à 1/100e de volt; un tube de Pitot pour mesurer la vitesse de l'air; un manomètre pour déterminer avec exactitude les différences de pression dans les tubes de Pitot; un indicateur de pression à multiplication avec cadran.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 18 *Novembre* 1903.

M. **A. F. Girvan** a recherché si le dessèchement d'un mélange explosif de CO et d'O par exposition à une basse température est suffisant pour empêcher l'union chimique de se produire par l'éclatement d'une étincelle dans le mélange ramené à la température ordinaire. L'explosion ne se produit pas quand le gaz a été refroidi au dessous de — 50° (tension de vapeur de l'eau inférieure à 0,03 millimètre); elle est très faible quand il a été refroidi au-dessous de — 36°. On en conclut que l'explosion ne se produit pas à la température ordinaire quand le mélange renferme moins d'une molécule de vapeur d'eau pour 24.0 0 molécules de gaz. — M. **W. H. Perkin** décrit un dispositif qui simplifie l'application de la méthode de Zeisel pour la détermination des groupes méthoxyle et éthoxyle. — M. **G. T. Moody**, poursuivant ses recherches sur la rouille du fer, conclut que le rouillage à l'air ne peut être attribué au peroxyde d'hydrogène, mais que c'est un changement dû à l'action du fer et d'un acide, suivie d'une oxydation du sel ferreux formé. — MM. **F. G. P. Remfry** et **J. F. Thorpe**, en traitant le cyanacétate d'éthyle par son dérivé sodé, ont obtenu le corps $CAz\,CH^2.CH(OC^2H^5).O.CH(CAz).CO^2C^2H^5$, F.53°, donnant par saponification l'acide $CAz.CH^2.CH(OC^2H^5).O.CH(CAz).CO^2H$, F.142°. L'action des iodures de méthyle et d'éthyle sur le premier produit fournit les dérivés méthylé et éthylé correspondants, F.63° et 68°, qui donnent également par saponification des acides. — M. **W. T. Cooke** a constaté que l'eau, soit seule, soit en présence de soude caustique, n'a pratiquement aucune action sur l'arsenic. En présence d'air, par contre, il y a oxydation directe. Il ne se dégage pas d'hydrogène arsenié, comme on le supposerait si l'eau intervenait dans l'oxydation; cette dernière est donc due uniquement à l'intervention de l'oxygène libre. — M. **G. G. Henderson**, en traitant par l'amalgame de K une solution d'acide molybdique dans un excès d'HCl, concentrant et saturant d'HCl gazeux, a obtenu des cristaux d'un chlorure double de molybdène et de potassium $3KCl.MoCl^3.2H^2O$. Ce sel est soluble dans l'eau en rouge sombre. — M. **S. Ruhemann**, en faisant réagir la benzamidine sur la benzylidènebenzoylacétone, a obtenu un composé d'addition $AzH:C(C^6H^5).AzH.C(C^6H^5)(OH).C(CH^3CO):CH(C^6H^5)$, F.132°. Les autres β-dicétones oléfiniques donnent des produits d'addition analogues. — MM **W. A. Bone** et **C. H. G. Sprankling** ont déterminé les constantes de dissociation des acides triméthylènecarboxyliques. — MM. **W. A. Bone** et **H. Henstock**, en chauffant l'acide bromo-*gem*-diméthylsuccinique en présence de diéthylaniline, ont observé un dégagement de CO^2 et d'HBr et la formation d'acide $\alpha\alpha^1\alpha^1$-tétraméthyldihydromuconique : $2CO^2H.C(CH^3)^2.CHBr.CO^2H = CO^2H.C(CH^3)^2.CH:CH.C(CH^3)^2CO^2H + 2HBr + 2CO^2$. Cet acide fond à 70° et donne par oxydation avec le permanganate le dihydroxyacide correspondant, F.129°-130°.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 *Novembre* 1903.

M. **C.-N. Hake** a employé les rayons X à l'examen des fusées de sûreté. On peut ainsi mettre en évidence la moindre irrégularité ou interruption dans la colonne de poudre. — MM. **W. Muir**, **R. Schenck** et **P. Marquart** ont préparé une nouvelle variété de phosphore en chauffant à ébullition une solution à 10 °/₀ de phosphore blanc dans le tribromure de phosphore. Le nouveau produit est une poudre fine, de couleur écarlate, contenant quelques impuretés. Il noircit par chauffage et reprend sa couleur rouge par refroidissement; il est très oxydable. Incorporé avec des chlorates dans de la gélatine, il forme une pâte d'allumettes qui s'allument par frottement sur n'importe quelle surface. — MM. **V.-H. Veley** et **J.-J. Manley** ont déterminé les densités de l'acide nitrique concentré à différentes températures et résument leurs résultats dans des tableaux qui seront très utiles aux industriels. — MM. **J.-S.-S. Brame** et **W.-A. Cowan** ont étudié comparativement les divers calorimètres employés à la détermination du pouvoir calorifique des combustibles. Les calorimètres Lewis Thomson, William Thomson et Fischer donnent des résultats plus ou moins concordants et toujours éloignés de la vérité. Les calorimètres

à bombe sont bien supérieurs, mais malheureusement assez coûteux. — **M. F. Bale**, en chauffant des hydrocarbures, spécialement le naphtalène, avec du phosphore jaune en présence d'eau, a obtenu des substances qui peuvent être employées à la fabrication d'allumettes s'enflammant sur n'importe quelle sufarce.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 6 *Novembre* 1903.

M. J.-C. Bell ouvre la session par une adresse sur les divers travaux qui sont du ressort du chimiste d'un laboratoire municipal.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 23 *Octobre* 1903.

M. J.-T. Wood ouvre la session par une adresse sur les récents progrès du tannage considéré comme industrie chimique.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 2 *Novembre* 1903.

M. F. Branson exécute des expériences montrant les propriétés des sels de radium. — **M. W. Aokroyd** montre les changements de couleurs produits dans les sels haloïdes placés en contact avec des tubes scellés contenant du bromure de radium. — **M. Fairley** signale les ressemblances des rayons du radium avec les rayons de Rœntgen.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 11 *Novembre* 1903.

M. E. Warburg a étudié l'ozonisation de l'oxygène par les décharges électriques silencieuses, c'est-à-dire les décharges électriques à faible intensité de courant et à grande différence de potentiel entre les électrodes. Il s'est proposé de trouver les conditions physiques dont dépend la quantité d'ozone produite, conditions analogues à celles qu'établit la loi de Faraday dans le cas de l'électrolyse. Or, les décharges électriques, tout en produisant sur l'oxygène un effet ozoniseur, exercent une influence antagoniste, désozonisatrice, sur l'ozone formé. Ce n'est que dans les cas où ce dernier effet est négligeable, c'est-à-dire où la teneur en ozone produite est très petite en comparaison de la teneur maxima possible, qu'on peut espérer obtenir des résultats définis. Il s'agit donc de déterminer la quantité d'ozone par coulomb de courant de conduction formée au sein d'un gaz faiblement ozonisé. Voici les résultats de ces recherches : 1° Dans le cas d'une pointe négativement chargée, où la décharge lumineuse se limite à la pointe, la quantité d'ozone par coulomb se montre, à intensité constante du courant de conduction, indépendante de la différence de potentiel entre les électrodes et de l'état de l'électrode mise à la terre ; cette quantité ne dépend, d'autre part, que de l'intensité de ce courant, diminuant lentement pour des intensités croissantes; 2° Dans le cas d'un potentiel positif, la quantité d'ozone par coulomb augmente rapidement avec l'intensité du courant, étant pour les petites intensités plus petite et pour les grandes intensités plus élevée que dans le cas d'une pointe négativement chargée. Ce phénomène est, paraît-il, lié à l'apparition d'une aigrette positive, dont le développement augmente rapidement la quantité d'ozone par coulomb. L'énergie consommée dans la production d'un gramme d'ozone est minima pour une pointe négativement chargée et pour un courant de faible intensité. Quant à la cause à laquelle il convient d'attribuer l'ozonisation par les décharges silencieuses, il ne paraît pas que la formation de l'ozone soit due à un processus semblable à l'électrolyse ; le nombre de coulombs par équivalent-gramme nécessaires pour la séparation électrolytique est, en effet, 100 à 200 fois plus grand que le nombre nécessaire pour la production d'un équivalent-gramme d'ozone. Aussi M. Warburg croit que le phénomène en question est analogue aux effets photochimiques et cathodochimiques. — **M. A. W. Gray** présente les résultats de ses recherches sur l'ozonisation par les décharges électriques silencieuses dans l'ozoniseur Siemens. Cet appareil est un condensateur composé, consistant, sous sa forme ordinaire, en un tube de verre scellé dans un tube plus large coaxial; pendant que le gaz à ozoniser est conduit à travers l'espace annulaire entre ces deux tubes de verre, les armatures, c'est-à-dire les surfaces extérieures conductrices des tubes, reçoivent des différences de potentiel de sens alternatifs. Dans le cas où ces différences de potentiel sont assez élevées pour produire des courants de conduction dans le gaz, on observe une ozonisation partielle de l'oxygène. Il résulte des expériences de l'auteur que la quantité d'ozone produite par coulomb de courant de conduction dans l'appareil Siemens est une quantité approximativement, sinon exactement constante, équivalente, dans l'appareil dont se servait l'auteur, à environ 0 gr. 27, indépendamment de toute modification de la différence de potentiel entre les électrodes du générateur et probablement aussi de la quantité d'électricité dont on se sert. Il s'ensuit que, pour une consommation d'énergie donnée, l'on obtient un rendement maximum en ozone si la différence de potentiel appliquée n'est pas supérieure à celle nécessaire pour produire au sein du gaz la décharge lumineuse, ce qui s'accorde parfaitement avec les expériences faites dans la pratique industrielle.

A. Gradenwitz.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 13 *Novembre* 1903.

M. E. Warburg expose la théorie de l'ozoniseur Siemens; cet appareil, fréquemment employé au laboratoire et dans la pratique industrielle, comprend 2 milieux diélectriques entre les surfaces bien polies desquels est renfermé le gaz à ozoniser; ces surfaces étant portées à des différences de potentiel élevées, les courants de charge alternatifs produisent un effet ozoniseur. Ce dispositif, qui, par conséquent, n'est autre chose qu'un condensateur composé, est opéré dans les laboratoires au moyen d'une bobine d'induction et dans la technique au moyen d'une machine à courants alternatifs. L'auteur applique ses déductions mathématiques aux récentes expériences de M. Gray, résumées dans une récente séance de l'Académie des Sciences de Berlin. Ce savant a déterminé la capacité apparente d'un appareil Siemens de forme tubulaire rempli d'air sec. En se servant de ces données, l'auteur évalue à 1.650 volts le potentiel minimum entre des cylindres coaxiaux de rayons égaux respectivement à 84 et 92 centimètres. D'autre part, le potentiel minimum d'une pointe négative, constituée par un fil de platine de 25 millimètres de diamètre et placée en regard d'une plaque mise à la terre et distante de 3 centimètres, est, dans l'air libre, égal à 2.240 volts Le potentiel qu'il faut appliquer à l'armature extérieure, afin de donner lieu à une décharge au sein du gaz, paraît être d'environ 5.000 volts; en adoptant ce chiffre, on trouve la valeur de 3.860 volts pour la différence de potentiel minima entre les deux surfaces de verre cylindriques qui produit une décharge au sein du gaz, les surfaces vitreuses étant distantes de 8 centimètres et leur diamètre étant de 9 centimètres en moyenne. Le potentiel explosif à l'air libre entre des sphères métalliques de 1 centimètre de diamètre est du même ordre de grandeur pour une distance explosible de 8 centimètres. Une fois qu'on connaît ce potentiel minimum, le courant de conduction se produisant dans l'appareil Siemens et, par là, la quantité d'ozone que doit fournir ce dernier pour chaque valeur de potentiel appliquée se calculent par la théorie de l'auteur au moyen des résultats de M. Gray. — **M. E. Goldstein** présente les résultats de ses expériences sur le corps à émanations de M. Giesel. Ce corps,

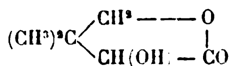
récemment retiré de la pechblende, paraît être voisin du cérium quant à son caractère chimique; il montre les phénomènes d'émanation à un degré élevé. En raison de la pénétration peu considérable de cette émanation, l'auteur supposa que l'air lui-même exerce sur elle une forte absorption, de façon que ses effets s'exaltent dans les enceintes vides d'air. Cette supposition est, en effet, confirmée par les essais résumés dans la présente communication. Quant à savoir si c'est ou bien un gaz, ou tout simplement une forme d'énergie spéciale qui, en partant de la substance, donne lieu à la luminescence observée, les expériences de l'auteur sont plutôt en faveur de cette dernière hypothèse. En refroidissant, au moyen de l'air liquide, les tubes vides d'air renfermant la substance active, l'auteur observe une luminescence très marquée de la paroi, luminescence qui, loin de se produire dans les portions les plus froides plongées dans l'air liquide, paraît limitée à une zone immédiatement inférieure au niveau de l'air liquide. C'est dire que ce phénomène est caractéristique d'une température définie, supérieure à la température de l'air liquide. L'auteur constate encore que l'émanation primaire est émise même à la température de l'air liquide; il ne croit pas que l'énergie d'émanation en question soit identique avec celle de l'émanation du radium, dont elle se distingue en premier lieu par l'absence d'une coloration des tubes et en second lieu par sa pénétration excessivement faible. — **M. R. Bornstein** vient de faire des expériences sur la déperdition de l'électricité dans l'air. La conductivité de l'air atmosphérique s'est, dans les recherches récentes, montrée dépendante de bien des facteurs, dépendant à leur tour des conditions locales. En se servant de l'appareil à dispersion de MM. Elster et Geitel, l'auteur a obtenu les résultats suivants : Le contact de l'eau ne paraît pas influer sur la conductivité de l'air d'une façon appréciable tant qu'on se sert d'une quantité d'eau limitée et bien close. Lorsque, d'autre part, c'est une masse d'eau continuellement renouvelée qui agit sur l'air, la conductivité de cette dernière s'accroît distinctement. Il paraît résulter de ce fait, ainsi que de la conductivité considérable de l'air du sol, que, dans l'eau étudiée, l' « émanation » à laquelle on attribue ordinairement les effets en question n'est présente qu'en quantité très faible, qu'elle peut être communiquée à l'air, où elle ne donne lieu à une modification sensible qu'après exposition de l'air au contact d'une quantité d'eau suffisamment grande. Comme l'auteur ne s'est jamais servi dans son laboratoire de radium ou de substances analogues, ses essais ne sauraient être affectés par ces corps.

A. Gradenwitz.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 29 Octobre 1903.

1° Sciences physiques. — **M. K. Zumpfe**, en faisant agir l'acide sulfurique dilué sur la butyrone-pinacone, a obtenu : 1° un hydrocarbure $C^{14}H^{26}$, s'oxydant difficilement en donnant des acides butyrique et propionique; 2° un oxyde $C^{14}H^{28}O$, ne donnant ni oxime, ni phénylhydrazone et inacétylable. — **M. E. Glaser** a traité par KCAz et HCl concentré en solution éthérée le méthyloldiméthylacétaldéhyde $(CH^3)^2C(CH^2OH)CHO$, obtenu par Wessely au moyen des aldéhydes isobutyrique et formique. Il se forme une oxylactone :



F. 55°, Eb. 115°-117 sous 11 mm. Elle donne avec les bases des sels d'un dioxyacide $C^6H^{12}O^4$.

2° Sciences naturelles. — **M. Alf. Exner** communique de nouvelles recherches sur le traitement des carcinomes et des sarcomes par les rayons du radium. Il conclut que, dans tous les cas de néoplasmes où l'on peut intervenir chirurgicalement, il faut le faire; pour les tumeurs inopérables, par contre, les rayons du radium seront employés avec avantage. — **M. F. Fuhrmann** est parvenu, par multiplication répétée sur agar, à exalter beaucoup la virulence du vibrion du choléra asiatique pour les cobayes. Ces cultures très virulentes produisent une septicémie aussi bien après application intrapéritonéale que sous-cutanée; les vibrions sont décelables (par culture) dans le sang au bout de 30 minutes. — Le même auteur a constaté que le sérum normal des lapins, ainsi que leur immunsérum préparé par injection de sang, perd ses propriétés hémolytiques après quelques semaines de conservation stérile à froid en présence de l'air. L'addition de sérum normal frais produit une activation des propriétés hémolytiques. La cause de ce phénomène paraît être due à la formation d'un complémentoïde.

Séance du 5 Novembre 1903.

1° Sciences physiques. — **M. R. Silberberger** : Etudes sur la détermination quantitative de l'acide sulfurique. — **M. M. Cihlar** a préparé l'aldéhyde isopropylacétique par distillation sèche de l'isopropylacétate de chaux avec le formiate de chaux. Chauffé avec KOH alcoolique, cet aldéhyde fournit presque exclusivement l'aldéhyde non saturé $C^{10}H^{18}O$. — **M. M. Kohn** a reconnu que l'amino-alcool $C^7H^{17}AzO$, préparé avec la méthylamine et l'oxyde de mésityle, et l'amino-alcool $C^8H^{19}AzO$ préparé avec la diméthylamine et l'oxyde de mésityle, donnent tous deux le même iodométhylate $C^9H^{22}AzOI$, identique à celui de la diacétone-alkamine. Le premier amino-alcool est donc la méthyl, le second la diméthyl-diacétone-alkamine. — **M. A. Pick** a étudié l'influence de diverses substances sur la digestion pepsique. L'action des acides est la résultante de deux composantes : la quantité d'ions H électropositifs, qui exerce une influence favorable, et la quantité d'ions électronégatifs en solution, qui exerce une action empêchante.

2° Sciences naturelles. — **M. J. Breuer** communique ses recherches sur l'appareil vestibulaire. — **M. J. Müller** décrit les nouveaux Coléoptères qu'il a trouvés dans les cavernes de la Dalmatie : une nouvelle espèce d'*Anophtalmes* et deux nouvelles espèces de *Spelaeobates*. — **M. F. Becke** décrit les méthodes de recherches qu'il emploie dans ses études pétrographiques; il insiste spécialement sur l'observation des images d'interférence en lumière convergente. — Le même auteur poursuit l'exposé de ses recherches géologiques sur le côté nord du tunnel de Tauern.

Séance du 12 Novembre 1903.

1° Sciences mathématiques. — **M. F. K. Lukas** étudie un nouveau genre de fractions continues dans lesquelles on peut calculer directement les valeurs d'approximation avec la fraction donnée *v*.

2° Sciences physiques. — **M. P. Herrmann** a fait réagir à la température ordinaire le lait de chaux sur l'aldéhyde isobutyrique; il se produit de l'isobutyraldol, de l'octoglycol, de l'acide isobutyrique et l'éther isobutyrique de l'octoglycol. En tube scellé à 150°, il se forme de l'acide isobutyrique, de l'octoglycol et de l'alcool isobutylique.

3° Sciences naturelles. — **M. L. Mogan** a déterminé des restes fossiles de Conifères trouvés à Leobersdorf, dans la Basse Autriche. Ce sont ceux d'un *Pinus*, très analogue au *Pinus montana*.

Louis Brunet.

Erratum. — Page 1165, 2e colonne, 31e ligne, au lieu de « L'auteur insiste à ce propos sur l'*habileté* des Grecs », lire : « L'auteur insiste à ce propos sur l'*inhabileté* des Grecs ».

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

